Investigação científica nas ciências exatas e da terra

Fabrício Moraes de Almeida
(Organizador)

Atena Editora
Ano 2023

Investigação científica nas ciências exatas e da terra
Fabrício Moraes de Almeida
(Organizador)
Atena
Editora
Ano 2023

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Investigação científica nas ciências exatas e da terra

Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Fabrício Moraes de Almeida

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I62 Investigação científica nas ciências exatas e da terra / Organizador Fabrício Moraes de Almeida. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1617-3
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.173230823

1. Ciências exatas. 2. Ciências da terra. I. Almeida, Fabrício Moraes de (Organizador). II. Título.

CDD 509

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A investigação científica nas ciências exatas e da terra é um processo científico complexo que envolve **n** etapas. A primeira etapa é a definição do problema a ser investigado. Uma vez que o problema foi definido, os cientistas precisam desenvolver um projeto de pesquisa de investigação. Este plano deve incluir uma análise da literatura existente sobre o assunto, a seleção de métodos de investigação apropriados e a definição de critérios de sucesso. Depois, os cientistas precisam executá-lo. Isso envolve a coleta de dados, a análise de dados e a interpretação dos resultados ou pode ser a elaboração de uma teoria baseada na abstração. Os pesquisadores também precisam comunicar os resultados de suas pesquisas a outros cientistas e ao público em geral.

Por conseguinte, tudo isso é um processo contínuo, isto é, à medida que novos conhecimentos são descobertos, os cientistas precisam atualizar seu planejamento de investigação e seus resultados. De fato, é importante para garantir que a pesquisa esteja sempre atualizada, sejam os resultados analíticos ou tenham maior acurácia e precisão. Além disso, as pesquisas científicas são usadas para desenvolver novas tecnologias, melhorar a saúde humana, maximizar o setor produtivo, a produtividade industrial, os mecanismos de proteção do meio ambiente e outras diversas aplicações. A investigação científica também é primordial para educar sobre o mundo ao seu redor e promover a compreensão teórica da ciência.

Portanto, a investigação científica nas ciências exatas e da terra é um processo complexo e heterogêneo, mas essencial para o desenvolvimento em amplo espectro. É certo que o livro apresenta uma fundamentação teórico-prática nos resultados obtidos pelos diversos autores e coautores no desenvolvimento de cada capítulo com conhecimento técnico-científico robusto. Além disso, a Atena Editora oferece uma divulgação científica com qualidade e excelência, primordial para conquistar o destaque entre as melhores editoras do Brasil.

Fabrício Moraes de Almeida

SUMÁRIO

SUMÁRIO

CARACTERIZACIÓN DEL ÍNDICE ULTRAVIOLETA EN LA REGIÓN DE PUNO DURANTE EL AÑO 2022

Data de aceite: 01/08/2023

Ciro William Taipe Huamán
Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca, Perú
https://orcid.org/0000-0002-6075-5582

Matias Huillca Arbieto
Universidad Nacional del Altiplano
Puno, Perú
https://orcid.org/0000-0001-8415-2156

Eva Genoveva Mendoza Mamani
Universidad Nacional del Altiplano
Puno, Perú
https://orcid.org/0000-0003-0587-0753

Russel Allidren Lozada Vilca
Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca, Perú
https://orcid.org/0000-0002-8915-3964

Leandro Paucara Cahuana
Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca, Perú
https://orcid.org/0000-0003-0282-7936

Tania Jakeline Choque Rivera
Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca, Perú
https://orcid.org/0000-0002-3305-0755

Marisol Rojas Barreto
Universidad Nacional del Altiplano
Puno, Perú
https://orcid.org/0000-0001-6916-3754

RESUMEN: Este estudio ofrece un análisis riguroso de los valores del índice ultravioleta en la región de Puno durante el año 2022. Mediante la utilización de datos combinados de estaciones meteorológicas y fuentes satelitales, se ha logrado estimar y corregir los valores del índice UV para proporcionar una visión más precisa de la exposición a la radiación ultravioleta en cada provincia. Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento sobre los patrones estacionales de radiación UV en la región y pueden servir como base para la implementación de medidas de protección solar adecuadas.

PALABRAS CLAVE: Índice UV, estación meteorológica, Giovani, NASA, Puno.

CHARACTERIZATION OF THE ULTRAVIOLET INDEX IN THE REGION OF PUNO DURING THE YEAR 2022

ABSTRACT: This study offers a rigorous analysis of the ultraviolet index values in the Puno region during the year 2022. By using combined data from meteorological stations and satellite sources, it has been possible to estimate and correct the UV index values to provide an overview more

accurate information on exposure to ultraviolet radiation in each province. The results obtained contribute to the knowledge about the seasonal patterns of UV radiation in the region and can serve as a basis for the implementation of adequate sun protection measures.
KEYWORDS: UV index, weather station, Giovani, NASA, Puno.

INTRODUCCIÓN

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE, siglas en francés) adoptó en 1987 una "curva estándar del eritema" (CEI, 1998) que es utilizada habitualmente para determinar la radiación solar UV eritemática (UVER). Para la información de manera sencilla a la opinión pública sobre los niveles de radiación UV (*WMO*, 2002), se adopta el Índice UV (UVI) propuesto por (McKinley y Diffey, 1987), el cual es recomendado por la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (WHO), por la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP).

Durante las últimas décadas, el número de estaciones de medida a nivel de suelo que proporcionan datos de calidad de radiación solar UV ha ido aumentando constantemente, aunque estas estaciones proporcionan una cobertura espacial limitada. Los instrumentos que miden la radiación solar UV a bordo de satélites, como GOME y SCIAMACHY de la Agencia Espacial Europea o TOMS y OMI de la NASA, por el contrario, proporcionan una cobertura espacial mayor. Por lo tanto, es necesaria la validación de los datos satelitales a partir de medidas con base en tierra para evaluar la calidad y precisión de los mismos.

Los datos de radiación UV derivados del instrumento OMI han sido ampliamente validados a través de comparaciones con mediciones en tierra. Por ejemplo, Tanskanen y otros (2007) llevaron a cabo una validación de las estimaciones diarias de la OMI en 17 estaciones y 18 instrumentos distribuidos principalmente en Europa septentrional, Grecia, América del Norte, Nueva Zelandia y el sur de la Argentina.

Buchard y otros (2008) validaron los valores de la columna de ozono total y de la radiación UV en estaciones de Francia e Italia, respectivamente. En ambos casos, las diferencias entre los valores diarios de los satélites y los de la tierra siempre fueron superiores al 17% y se atribuyeron principalmente a la carga de aerosoles en la esfera atómica. Antón y otros (2010)310 and 324nm llevaron a cabo un amplio estudio de validación de las mediciones de la radiación UV en la estación de Arenosillo en Huelva, en el sur de España, observando que las diferencias relativas entre los valores de la OMI y los valores terrestres oscilaban entre 8% a más del 20% dependiendo de las condiciones de las nubes, la carga de aerosoles y el ángulo del cenit solar. En particular, en lo que respecta al factor del aerosol, la utilización de un método de corrección, que tiene en cuenta los aerosoles absorbentes, permitió reducir entre un 30 y un 40% las diferencias entre las mediciones realizadas por satélite y las realizadas en tierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Medidas con base a tierra

Las mediciones del índice UV se obtiene de la estación meteorológica DAVIS Vantage Pro 2 Plus mediante el sensor de índice UV, el cual tiene un rango de medida de [0-16] con una resolución de 0.1, en intervalos de 1min con un exactitud de (Eraso-Checa et al., 2018; Vargas y Alfaro, 2016), los cuales esta ubicados en las coordenadas geográficas latitud -15.824126, longitud -70.151594 y una altitud de 3,827 msnm y se observa en la figura 1, el sensor UV están debidamente calibrados por el proveedor. Los datos estimados por las estaciones fueron en intervalos de 15min. La estación está instalada en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno (UNAP) la estaciones esta instalados en zonas libres de sombras y obstáculos (Ciro William Taipe et al., 2022).

(a)

(b)
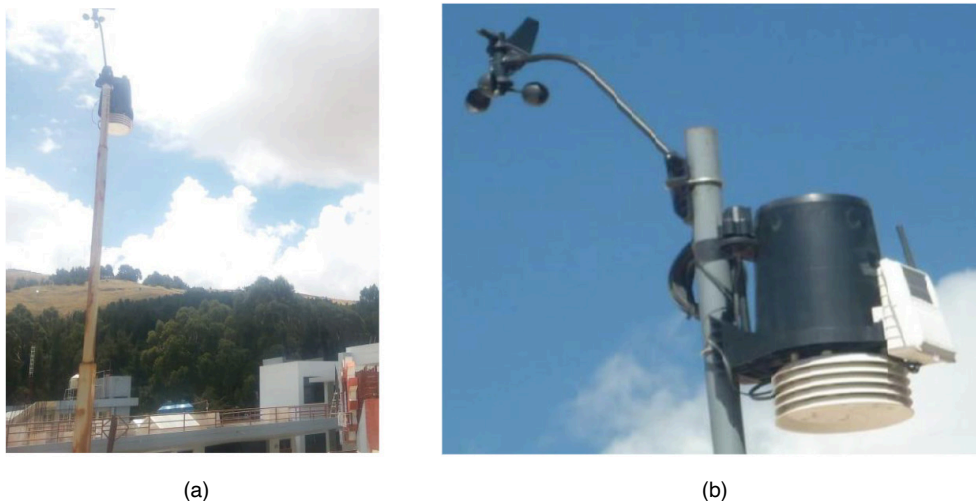
Figura 1. Estación meteorológica DAVIS VANTAGE PRO 2 PLUS (a) Instalación (b) Estación.

Datos Satelitales

Los datos de índice UV se descargan de la plataforma Giovanni para las trece provincias de la región de Puno, considerando la latitud y longitud de las ciudades las cuales se muestran en la tabla 1. Giovanni es la interfase web de la NASA que provee información de varios satélites para todas las zonas del mundo. Los datos ya están procesados y pueden ser descargados en una escala requerida (C. W. Taipe et al., 2021). Este servidor es superior ya que permite examinar los datos satelitales con una resolución espacial reducida a la zona de estudio. Los datos en Giovanni están agrupados por temas, teniendo varios sets de datos por categoría. El servidor también te permite búsquedas temáticas y te muestra las características de los registros como resolución y tiempo de registro (*Giovanni - Data Selection*, 2023).

N°	Provincia	Ciudad	Cuadrante de muestreo
1	Azángaro	Azángaro	-70.690472,-15.417194,-69.690472,-14.417194
2	Carabaya	Crucero	-70.525917,-14.864194,-69.525917,-13.864194
3	Chucuito	Juli	-69.960039,-16.70372,-68.960039,-15.70372
4	El Collao	Ilave	-70.140389,-16.559944,-69.140389,-15.559944
5	Huancané	Huancané	-70.258306,-15.706861,-69.258306,-14.706861
6	Lampa	Lampa	-70.874167,-15.861083,-69.874167,-14.861083
7	Melgar	Santa Rosa	-71.292778,-15.117806,-70.292778,-14.117806
8	Moho	Moho	-69.984192,-16.121431,-68.984192,-15.121431
9	Puno	Puno	-70.512083,-16.32625,-69.512083,-15.32625
10	San Antonio de Putina	Putina	-70.375694,-15.421,-69.375694,-14.421
11	San Román	Juliaca	-70.707783,-15.94415,-69.707783,-14.94415
12	Sandia	Cuyo Cuyo	-70.050036,-14.988842,-69.050036,-13.988842
13	Yunguyo	Yunguyo	-69.574722,-16.807833,-68.574722,-15.807833

Tabla 1. Datos de posición de ciudad de provincias de la región de Puno

Índice Ultravioleta

El índice UV es un indicador de la intensidad de radiación ultravioleta proveniente del sol en la superficie terrestre en una escala que comienza en 0 y no está acotado superiormente. El índice UV también señala la capacidad de la radiación UV solar de producir lesiones en la piel.1No siempre la cantidad de luz ambiental va relacionada con el índice UV, puede ser engañoso. Ya que el índice y su representación variaban dependiendo del lugar, la Organización Mundial de la Salud junto con la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante publican un sistema estándar de medición del índice UV y una forma de presentarlo al público incluyendo un código de colores asociado el cual se muestra en la figura 2 según (*WMO*, 2002).

Figura 2. Niveles de índice UV.

En el Perú se percibe niveles de radiación UV entre 14-20 (SENAMHI - Perú, 2023), siendo de las más altas del mundo como se muestra en la figura 4 (Moraes, 2019). La región de Puno se encuentra en la región altiplánica del Perú por ello se presenta niveles de índice UV extremos durante el día en el horario 11:00am -14:00pm como lo manifiesta (Huillca et al., 2017).
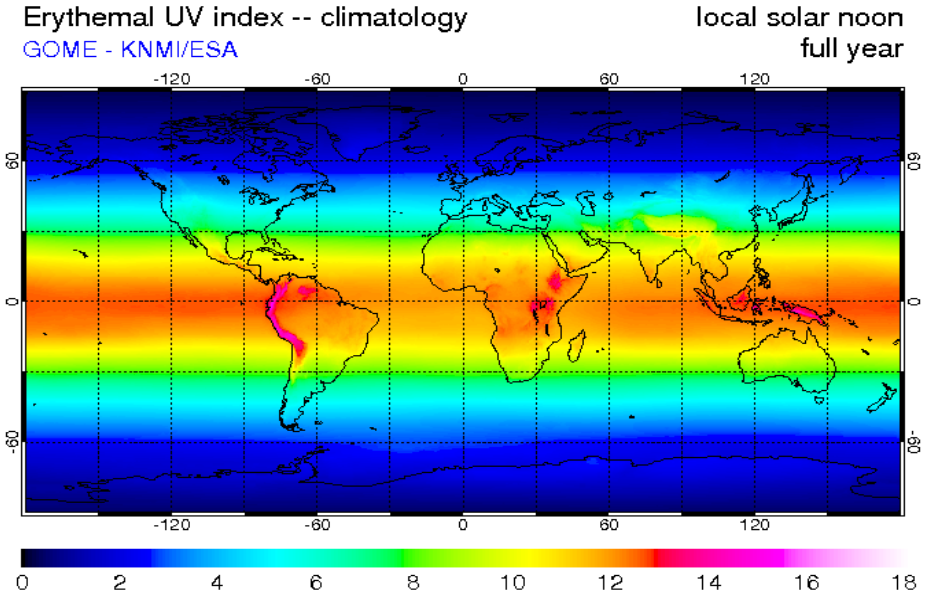
Figura 3. Índice UV eritemal, climatology GOME.

Estadísticos de evaluación

Utiliza los estadísticos de evaluación. Se utilizaron el error estándar promedio (RMSE), el error medio (MBE), llamado también sesgo o desviación, coeficiente de determinación *(R^2)* y el coeficiente de correlación *(r)* es para medir la relación lineal entre los valores medidos por la estación con respectos a los obtenidos por los modelos (Blal et al., 2020). Están dados por las siguientes ecuaciones:

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(I_{mi}-I_{si})^2}{n}\right]^{1/2} \quad (2)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(I_{mi}-I_{si})}{n} \quad (3)$$

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{I}-\bar{I}_{mi})(I_{si}-\bar{I}_{si})\right]^2}{\left[\sum_{i=1}^{n}(I_{mi}-\bar{I}_{mi})^2\right]\left[\sum_{i=1}^{n}(I_{si}-\bar{I}_{si})^2\right]} \quad (4)$$

$$r = \sqrt{R^2} \quad (5)$$

Donde: I_{mi} es el dato medido por estación meteorológica, I_{si} es el dato obtenido de web Giovani, $\overline{I_{mi}}$ es el promedio de los datos medidos por la estación meteorológica, $\overline{I_{si}}$ es el promedio de los datos obtenidos de web Giovani y *n* es el número total de observaciones (Al-musaylh et al., 2023).

RESULTADOS

Índice UV para la ciudad de Puno

Ahora se realiza un análisis de los datos para el año 2022 para la ciudad de Puno, se considera datos medidos por la estación meteorológica de la UNAP, con la finalidad de observar el comportamiento de los valores de índice UV, el cual se muestra en la figura 4, donde se observa el comportamiento cíclico de los valores máximo de índice UV. Se presenta valores máximos en la estación de verano, con presencia de cielos nublados por presencia de lluvias, y valores mínimos en la estación de invierno y un número menor de cielos nublados.
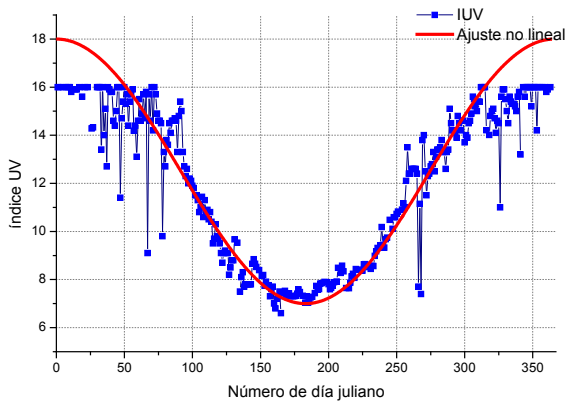
Figura 4. Índice UV para la ciudad de Puno año 2022.

Con el fin de obtener una fórmula que corrija los datos basándose en las mediciones realizadas por la estación meteorológica, se tomaron en cuenta los datos recopilados entre 2016 y 2021 de la UNAP y NASA. Luego, se llevó a cabo un análisis de correlación lineal utilizando un total de 2193 datos, lo que nos permitió obtener la ecuación de corrección que se muestra en la figura 5. Esta ecuación considera todos los datos correspondientes a cielos nublados, parcialmente nublados y despejados.
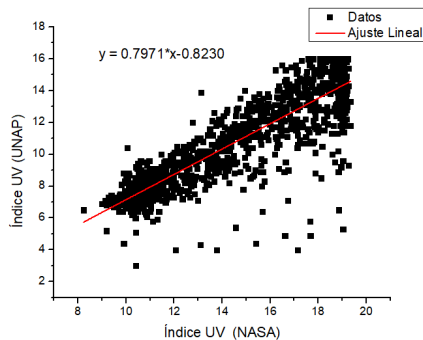
Figura 5. Comparación de índice UV, NASA y UNAP para la ciudad de Puno año 2016-2021.

Del ajuste lineal se obtiene la ecuación:

$$I_E = 0.7971 * I_N - 0.8230 \quad (1)$$

Donde es el índice UV medido por la estación meteorológica de la UNAP y índice UV obtenido de satélite por la NASA. La ecuación (1) permite realizar las correcciones para obtener valores de índice UV.

En el análisis estadístico que se muestra en la tabla 2, resulta que el coeficiente de correlación lineal de datos obtenidos de la NASA se obtiene valor de 0.97 lo que indica que es posible estimar valores de índice UV con una confiabilidad del 97% y un error de 2.78 para valores de índice UV medidos por la estación meteorológica de la UNAP.

Datos	MBE	RMSE	R^2	r
NASA	2.7865	2.9004	0.9481	0.9737

Tabla 2. Estadísticos de evaluación.

En la figura 7 se muestra valores máximo diario del índice UV para la ciudad de Puno, para el periodo de 2010-2021 en función al número de día juliano, obtenido utilizando la ecuación (1).
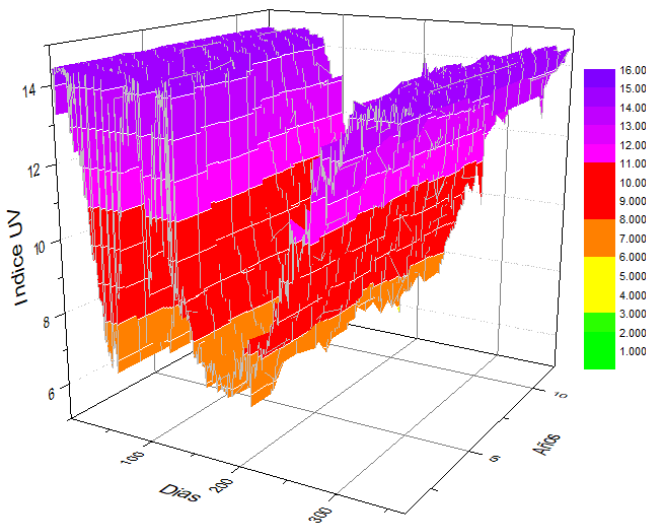
Figura 6. Índice UV para la ciudad de Puno año 2010-2021.

Índice UV para la región de Puno

Para obtener valores del índice ultravioleta se considera las coordenadas de latitud y longitud de las ciudades considerados en la tabla 1 y se obtiene los valores máximo diarios, de la plataforma web de Giovanni, considerando la ecuación (1) cuyos resultados

se muestran en la figura 7, donde se observa resultados similares, ello porque los datos utilizados para el cálculo son obtenidos de Giovanni NASA lo cual es para grandes áreas, por ello difieren de mediciones puntuales.
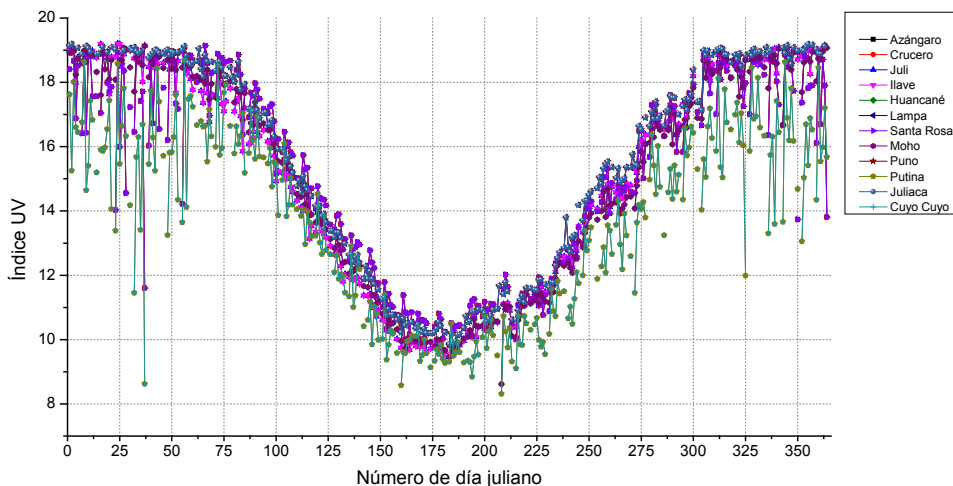
Figura 7. Índice UV para las provincias de la región de Puno.

CONCLUSIONES

La variación del índice UV muestra un patrón estacional evidente, tanto en los datos recopilados por la estación terrestre como en los datos obtenidos por satélite, con valores máximos durante la temporada de verano y valores mínimos durante la temporada de invierno. Aunque existe una buena correlación entre los datos satelitales y los de estación terrestre, se observa que las mediciones realizadas por satélite tienden a sobreestimar las mediciones en tierra, con una diferencia entre ambos conjuntos de datos. Mediante la utilización de la ecuación (1) de correcciones de datos satelitales, se lograron estimar los valores máximos diarios del índice UV para las trece provincias de la región de Puno durante el año 2022. Así, se obtuvieron los valores máximos, mínimos y promedio para cada una de las trece provincias a lo largo del año.

REFERENCIAS

Antón, M., Cachorro, V. E., Vilaplana, J. M., Toledano, C., Krotkov, N. A., Arola, A., Serrano, A. y De la Morena, B. (2010). Comparison of UV irradiances from Aura / Ozone Monitoring Instrument (OMI) with Brewer measurements at El Arenosillo (Spain) – Part 1 : Analysis of parameter influence. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 6797-6827.

Berger, D. S. y Urbach, F. (1982). A CLIMATOLOGY OF SUNBURNING ULTRAVIOLET RADIATION. *Photochemistry and Photobiology*, *35*(2), 187-192. https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1982.tb03830.x

Buchard, V., Brogniez, C., Auriol, F., Bonnel, B., Lenoble, J., Tanskanen, A., Veefkind, P., Buchard, V., Brogniez, C., Auriol, F., Bonnel, B., Lenoble, J., Buchard, V., Brogniez, C., Auriol, F., Bonnel, B. y Lenoble, J. (2008). Comparison of OMI ozone and UV irradiance data with ground-based measurements at two French sites To cite this version : HAL Id : hal-00328314 Comparison of OMI ozone and UV irradiance data with ground-based measurements at two French sites. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, European Geosciences Union*, *8*(2), 4309-4351.

CEI. (1998). *CIE S 007/E - Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose | Engineering360*.

Eraso-Checa, F., Jimenez, J. B., Escobar, D. y Insuasty, S. (2018). Global radiation estimation using a polynomial function on UV index. *Proceedings of the 2018 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition - Latin America, T and D-LA 2018*. https://doi.org/10.1109/TDC-LA.2018.8511791

Fabo, E. C. De, Noonan, F. P., Fears, T. y Merlino, G. (2004). Advances in Brief Ultraviolet B but not Ultraviolet A Radiation Initiates Melanoma. *Cancer Research*, *64*, 6372-6376.

Fioletov, V. E., McArthur, L. J. B., Mathews, T. W. y Marrett, L. (2009). On the relationship between erythemal and vitamin D action spectrum weighted ultraviolet radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *95*(1), 9-16. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2008.11.014

Gallagher, R. P. y Lee, T. K. (2006). Adverse effects of ultraviolet radiation : A brief review. *Progress in Biophysics and Molecular Biology 92*, *92*, 119-131. https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.02.011

Giovanni - Data Selection. (2023). https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/

Huillca, M., Taipe, C. W. y Saavedra, M. (2017). Índice Ultravioleta en la ciudad de Puno para cielos claros. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, *19*(2), 211-218. https://doi.org/10.18271/ria.2017.280

Jacquet, S. y Bratbak, G. (2003). Effects of ultraviolet radiation on marine virus-phytoplankton interactions. *FEMS Microbiology Ecology*, *44*(3), 279-289. https://doi.org/10.1016/S0168-6496(03)00075-8

Johnson, B. W. y Mcintyre, R. (1996). Analysis of test methods for UV durability polymer coatings. *Progress in Organic Coatings 27*, *27*, 95-106.

Kunz, B. A., Cahill, D. M., Mohr, P. G., Osmond, M. J. y Vonarx, E. J. (2006). Plant Responses to UV Radiation and Links to Pathogen Resistance. *International Review of Cytology*, *255*(06), 1-40. https://doi.org/10.1016/S0074-7696(06)55001-6

Levels, U. R. (2017). *fenotipos e infraestructura de protección solar en instituciones educativas de Piura, Perú Ultraviolet Radiation Levels , Phenotypes , and Infrastructure*. *1621*, 40-49.

Li, F., Peng, S., Chen, B. y Hou, Y. (2010). Acta Oecologica Original article A meta-analysis of the responses of woody and herbaceous plants to elevated ultraviolet-B radiation. *Acta Oecologica*, *36*(1), 1-9. https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.09.002

Liu, X., Hurren, C. J. y Wang, X. (1988). *Compression Properties of Wool and Alpaca Fibres*. *4*.

Lonsberry, B. B., Wyles, E., Goodwin, D., Casser, L. y Lingel, N. (2008). Diseases of the Cornea. En *Clinical Ocular Pharmacology* (Fifth Edit). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7576-5.50031-8

McKinley, A. y Diffey, B. (1987). A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE*, *6*, 17-22.

Moraes, M. (2019). *Interaction between vitamin D supplementation and sunlight exposure in women living in opposite latitudes (the D-SOL study).* University of Surrey.

Mouillet, V., Farcas, F. y Besson, S. (2008). Ageing by UV radiation of an elastomer modified bitumen. *Fuel*, *87*, 2408-2419. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.02.008

Norval, M. (2006). The Effect of Ultraviolet Radiation on Human Viral Infections. *Photochemistry and Photobiology*, *82*(6), 1495-1504. https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2006.tb09805.x

Pahkala, M., Merilä, J., Ots, I. y Laurila, A. (2003). Effects of ultraviolet-B radiation on metamorphic traits in the common frog Rana temporaria. *Journal of Zoology*, *259*(1), 57-62. https://doi.org/10.1017/S0952836902002984

Parker, S. G. y Diffey, B. L. (1982). The transmission of optical radiation through human nails. *British Journal of Dermatology*, *108*, 11-16. https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1985.tb02045.x

Roberts, J. E. (2001). Ocular photoxicity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *64*(2-3), 136-143. https://doi.org/10.1016/S1011-1344(01)00196-8

Rozema, J., Björn, L. O., Bornman, J. F., Gaberščik, A., Häder, D. P., Trošt, T., Germ, M., Klisch, M., Gröniger, A., Sinha, R. P., Lebert, M., He, Y. Y., Buffoni-Hall, R., De Bakker, N. V. J., Van De Staaij, J. y Meijkamp, B. B. (2002). The role of UV-B radiation in aquatic and terrestrial ecosystems-An experimental and functional analysis of the evolution of UV-absorbing compounds. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *66*(1), 2-12. https://doi.org/10.1016/S1011-1344(01)00269-X

SENAMHI - Perú. (2023). *Pronóstico de radiación UV máximo (cielo despejado y mediodía solar) a nivel nacional.* https://www.senamhi.gob.pe/?p=radiacion-uv

Sinha, R. P. y Häder, D. P. (2002). UV-induced DNA damage and repair: A review. En *Photochemical and Photobiological Sciences* (Vol. 1, Número 4, pp. 225-236). The Royal Society of Chemistry. https://doi.org/10.1039/b201230h

Sordo, C. y Gutiérrez, C. (2013a). Cáncer de piel y radiacion solar: Experiencia peruana en la prevencion y deteccion temprana del cáncer de piel y melanoma. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, *30*(1), 113-117. https://doi.org/10.1590/S1726-46342013000100021

Sordo, C. y Gutiérrez, C. (2013b). Cáncer de piel y radiación solar: experiencia peruana en la prevención y detección temprana del cáncer de piel y melanoma. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, *30*(1), 113-117. https://doi.org/10.1590/S1726-46342013000100021

Souza Correa, D., Suárez, H. y Salazar, G. (2015). Modelo de Madronich del Indice UV en Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, *19*, 8-123.

Sweet, M., Kirkham, N., Bendall, M., Currey, L., Bythell, J. y Heupel, M. (2012). Evidence of melanoma in wild marine fish populations. *PLoS ONE*, *7*(8). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041989

Taipe, C. W., Mendoza, E. G. y Flores, H. H. (2021). Validation of ultraviolet index data from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) based on measurements from meteorological stations in the city of Puno. *Journal of Physics: Conference Series*, *1841*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1841/1/012005

Taipe, Ciro William, Mendoza, E. G., Gallegos, J. R., Flores, H. H. y Enriquez, V. (2022). Estimation of solar radiation by models dependent on extreme temperatures for the region of Puno, Peru. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, *2022-July*, 1-8. https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.377

Tanskanen, A., Lindfors, A., Ma, A., Krotkov, N., Herman, J., Kaurola, J., Koskela, T., Lakkala, K., Fioletov, V., Bernhard, G., Mckenzie, R., Kondo, Y., Neill, M. O., Slaper, H., Outer, P. Den, Bais, A. F. y Tamminen, J. (2007). Validation of daily erythemal doses from Ozone Monitoring Instrument with ground-based UV measurement data. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, *112*, 1-15. https://doi.org/10.1029/2007JD008830

Urbach, F. (1989). Potential, effects of altered solar ultraviolet radiation o n human skin cancer. *Photochemistry and Photobiology*, *50*(4), 507-513.

Vargas, J. L. y Alfaro, E. J. (2016). Radiación ultravioleta (UV) en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica. *Revista de Biologia Tropical*, *64*(1), S75-S86. https://doi.org/10.15517/rbt.v64i1.23412

Verbeek, C. J. R., Hicks, T. y Langdon, A. (2011). Degradation as a result of UV radiation of bloodmeal-based thermoplastics. *Polymer Degradation and Stability*, *96*(4), 515-522. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.01.003

WMO. (2002). Zhang, L., Hartwell, L., Jr, A., Vaughan, M. M., Hauser, B. A. y Boote, K. J. (2014). Agricultural and Forest Meteorology Solar ultraviolet radiation exclusion increases soybean internode lengths and plant height. *Agricultural and Forest Meteorology*, *184*(July 2011), 170-178. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.09.011

P_{DCCA} ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA CIDADE DE SALVADOR (BA)

Data de aceite: 01/08/2023

Jeovane Maria Trindade
Ifba/licenciatura em matemática

Andrea de Almeida Brito
IFBA / DEMAT SSA

Gilney Figueira Zebende
UEFS

RESUMO: Neste trabalho, propomos analisar, quantificar e mensurar, as correlações cruzadas entre as variáveis climatológicas, temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar do ar através do coeficiente de correlação cruzada, p_{DCCA}. Escolhemos para nosso estudo de caso a cidade de Salvador, (estação meteorológica automática), localizada na zona da mata da região nordeste da Bahia (Brasil). Os dados analisados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para um período de 10 (dez) anos com medições hora a hora. Mostramos que as variáveis têm uma correlação cruzada negativa para as variáveis, temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar e positiva para as variáveis temperatura do ar e radiação solar, em todas as escalas (escala de tempo e hora local).

PALAVRAS-CHAVE: Variáveis climatológicas, Médias Diárias, Coeficiente de Correlação Cruzada p_{DCCA}.

1 I INTRODUÇÃO

A cidade de Salvador, originalmente chamada de São Salvador da Bahia de Todos os Santos, capital do Estado da Bahia, possui uma área territorial de 693.276 km^2 e uma população de 2,8 milhões de habitantes, sendo o município mais populoso do Nordeste, segundo o IBGE. O seu clima predominante é tropical atlântico, estando a uma altitude de 48 metros acima do nível do mar, com temperaturas médias anuais de 32 ºC.

Segundo o IBGE, geograficamente, Salvador situa-se nos hemisférios austral e ocidental, no cruzamento do paralelo de 12 graus ao sul com meridiano de 38 graus a oeste. Precisamente, suas coordenadas geográficas são os 12° 58' 16" de latitude sul os 38° 30' 39" de longitude oeste. Este ponto é determinado a partir do marco da fundação da cidade, na praia do Porto da Barra.

Para contemplar o objetivo deste artigo, nas próximas seções abordaremos a metodologia aplicada, os resultados e discussões, as considerações finais e por fim as referências bibliográficas.

2 | METODOLOGIA APLICADA

Para analisar o comportamento das variáveis climatológicas, temperatura ar, umidade relativa do ar e radiação solar através do coeficiente de correlação cruzada, p_{DCCA}, proposto por ZEBENDE[1], para a cidade de Salvador, utilizamos 48977 observações medidos hora a hora (UTC) da estação meteorológica automática, disponibilizadas pelo INMET referente ao período de 01 de janeiro de 2009 a 31 de dezembro de 2019.

Em seguida, calculamos o coeficiente de correlação cruzada, p_{DCCA}, para quantificar e mensurar o nível de correlação cruzada entre as duas séries temporais não estacionárias. Este coeficiente é baseando nos métodos DFA_2 e $DCCA_3$. O p_{DCCA} é definido como a razão entre a função de covariância sem tendência e a função de variância sem tendência:

$$\rho_{DCCA}(n) \equiv \frac{F^2{}_{DCCA_{XY}}(n)}{F_{DFA_{XX}}(n)F_{DFA_{YY}}(n)}$$

O coeficiente p_{DCCA} é adimensional e define uma nova escala de correlação cruzada entre séries temporais não estacionárias, com sua variação no intervalo de $-1 \leq p_{DCCA} \leq 1$.

Se $p_{DCCA} = 0$, dizemos que não existe correlação cruzada entre as séries, dividindo o nível de correlação cruzada entre positivo e negativo. Logo, se $p_{DCCA} > 0$, existe correlação cruzada entre as séries, e esta será correlação cruzada perfeita caso $p_{DCCA} = 1$.

Se $p_{DCCA} < 0$, existe uma anti correlação cruzada, sendo ela anti correlação perfeita, caso $p_{DCCA} = 1$.

O p_{DCCA} tem dispertado o interesse de muitos pesquisadores nos últimos anos e dentre os diversos trabalhos aplicando este coeficiente, em diversas áreas científicas, podemos citar alguns: LIN[5]; GUEDES[6,7]; BRITO[8,13]; ZEBENDE[9,10,14,17]; SANTOS[11]; FERREIRA[12]; SANTANA[15]; FILHO[16].

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o cálculo dos coeficientes, notamos que, Figura 1, a correlação cruzada do ponto de vista do coeficiente p_{DCCA} para as variáveis analisadas mostraram comportamento distinto em função da escala temporal.
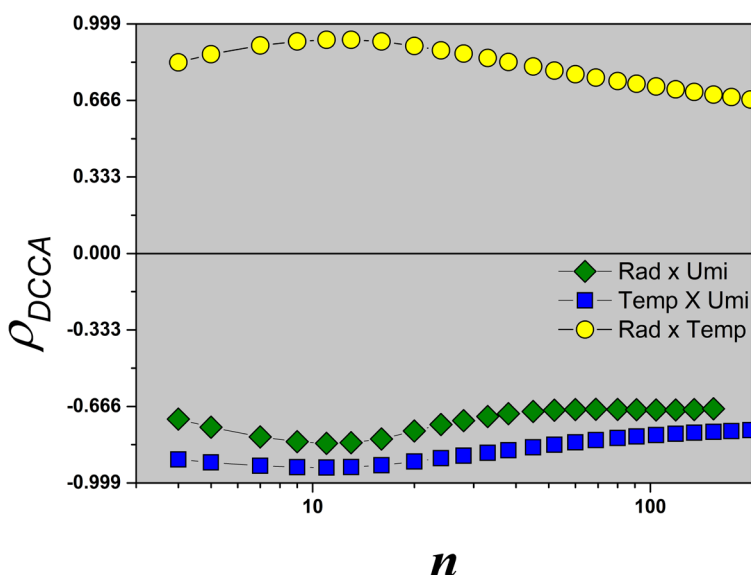
Figura 1: p_{DCCA} em função da escala temporal.

Para as variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar mostramos uma correlação cruzada negativa forte e para as variáveis temperatura do ar e radiação solar mostramos uma correlação cruzada positiva forte, em todas as escalas (escala de tempo e hora local).

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso objetivo era mensurar o nível de correlação cruzada usando o coeficiente p_{DCCA} entre as séries temporais (temperatura ambiente, umidade relativa do ar e radiação solar) para a cidade de Salvador, capital do Estado da Bahia.

Concluímos que, a correlação cruzada entre as variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar apresentou-se negativa forte, ao passo que para as variáveis temperatura do ar e radiação solar, apresentou correlação cruzada positiva forte, para todas as escalas (escala de tempo).

AGRADECIMENTOS

G. F. ZEBENDE agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) (Grant 304362-2017-4).

REFERÊNCIAS

1. ZEBENDE, G. F. **DCCA cross-correlation coefficient: Quantifying level of cross-correlation.** Physica A, v. 390, p.614-618, 2011.

2. PENG, C. K.; BULDYREV, V. SIMONS, M.; STANLEY, H. E. GOLDBERGER, L. **Mosaic organization of DNA nucleotides**. PhysicalReview E, v. 49, p. 1685-1689, 1994.

3. PODOBNIK, B.; STANLEY, H. E. **Detrended cross-correlation analysis: A new method for analyzing two nonstationary times series.** PHYSICAL REVIEW LETTERS, v. 100, p. 084102, 2008.

4. Lin, Min; Wang, Gang-Jin; Xie, Chi; Stanley, H. E. **Cross-correlation sand influence in world gold markets**. Physica A, v. 490, p. 504-512, 2018.

5. GUEDES, E. F.; BRITO, A. A.; OLIVEIRA FILHO, F. M.; FERNANDEZ, B. F.; CASTRO, A. P. N.; SILVA FILHO, A. M.; ZEBENDE, G. F. **Statistical test for Δp_{DCCA} cross-correlation coefficient**. Physica A, v. 501, p. 134-140, 2018.

6. GUEDES, E. F.; BRITO, A. A.; OLIVEIRA FILHO, F. M.; FERNANDEZ, B. F.; CASTRO, A. P. N.; SILVA FILHO, A. M.; ZEBENDE, G. F. **Statistical test for Δp_{DCCA}: Methods and data.** Data in Brief, v. 18, p. 795-798, 2018.

7. BRITO, A. A.; SANTOS, F. R.; CASTRO, A. P. N.; DA CUNHA LIMA, A. T.; ZEBENDE, G. F.; DA CUNHA LIMA, I. C. **Cross-correlation in a turbulent flow: Analysis of the velocity Field using the p_{DCCA} coefficient**. EPL (EUROPHYSICS LETTERS), v. 123, p. 20011, 2018.

8. ZEBENDE, G. F.; BRITO, A. A.; SILVA FILHO, A. M.; CASTRO, A. P. p_{DCCA} **Applied between air temperature and relative humidity: Na hour/hour view**. Physica A, v. 494, p. 17–26, 2018.

9. ZEBENDE, G. F.; DA SILVA FILHO, A. M. **Detrended Multiple Cross-Correlation Coefficient**. Physica A, v. 510, p. 91-97, 2018.

10. SANTOS, F. R.; BRITO, A. A.; CASTRO, A. P. N.; ALMEIDA, M. P.; DA CUNHA LIMA, A. T.; ZEBENDE, G. F.; DA CUNHA LIMA, I. C. **Detection of the persistency of the blockages symmetry influence on the multi-scale cross-correlations of the velocity fields in internal turbulent flows in pipelines**. Physica A, v. 509, p. 294-301, 2018.

11. FERREIRA, P.; DIONÍSIO, A.; GUEDES, E. F.; ZEBENDE, G. F. **A sliding windows approach to analyse the evolution of bank shares in the European Union**. Physica A, v. 490, p. 1355-1367, 2018.

12. BRITO, A. A; ARAUJO, H. A; ZEBENDE, G. F. **Detrended multiple cross-correlation coeficient applied to solar radiation, air temperature and relative humidity**. ScientificReports, 2019.

13. ZEBENDE, G. F; BRITO, A. A; CASTRO, A. P. **DCCA cross-correlation analysis in time-serie with removed parts**. Physica A, v. 545, p. 123472, 2020.

14. SANTANA, THIAGO PIRES; HORTA, NICOLE; REVEZ, CATARINA, DIAS, RUI MAUEL TEIXEIRA SANTOS, ZEBENDE, GILNEY FIGUEIRA. **Effects of Interdependece and cotagion on crude Oil and Precious Metals According to ρ_{DCCA}: A COVID-19 case Study**. Sustainability, v. 15, p. 3945, 2023

15. FILHO, F. M OLIVEIRA; RIBEIRO, F. F; CRUZ, J. A. LEYVA; DE CASTRO, A. P. NUNES; ZEBENDE, G. F. **Statistical study of the EEG in motor tasks (real and imaginary).** PSYSICA A – STATISTICAL MECHANICS AND ITS APPLICATION. V. 000, p. 128802, 2023.

16 ZEBENDE, G. F.;SANTOS DIAS, R. M. T; DE AGUIAR, L. C. **Stock market efficiency: An intraday case of study about the G-20 group.** HELIYON, V.8, P. E08808, 2022

PARÂMETROS QUÍMICOS INDICATIVOS DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA ÁGUA DE REÚSO NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Data de aceite: 01/08/2023

Ana Carolina Barbosa Kummer
http://lattes.cnpq.br/3603542502448451

Helio Grassi Filho
http://lattes.cnpq.br/4064515192802807

Fernando Ferrari Putti
http://lattes.cnpq.br/1271601437211484

André Luiz Justi
http://lattes.cnpq.br/6336985419738703

RESUMO: Com a possibilidade de utilização de águas residuárias em sistemas irrigados, o aspecto qualitativo ganha grande importância. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo investigar a viabilidade de utilização de água de reúso em culturas agrícolas via irrigação localizada por gotejamento. Para isso, utilizaram-se dados do monitoramento de parâmetros físico-químicos (K, Ca, Mg, Cu, Zn, S, N, pH e CE) da água residuária proveniente da saída de uma estação de tratamento de esgotos, utilizada na irrigação de soja e trigo em substituição à água potável. Os resultados foram comparados com dados da literatura de maneira a verificar as características químicas que podem limitar o emprego dessa água em sistema de irrigação localizada por gotejamento e dos efeitos adversos que podem trazer às plantas a ao solo. Os teores de Ca, Mg, Cu e Zn, bem como os valores de pH, foram considerados normais, não conferindo limitações ao emprego da água residuária na agricultura irrigada. Assim, pode-se inferir que a água de reúso proveniente da ETE de Botucatu-SP, Brasil, pode ser utilizada para fins de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente tratado, qualidade, água, reciclagem, irrigação localizada.

CHEMICAL PARAMETERS INDICATIVE OF WASTEWATER USE IN DRIP IRRIGATION

ABSTRACT: With the possibility of using wastewater in irrigated systems, the qualitative aspect obtain importance. Therefore, this study aimed to investigate, through chemical characteristic, the feasibility of using of wastewater for agricultural crops by localized irrigation drip. For this, they monitored during seven months physico-chemical parameters (K, Ca, Mg, Cu, Zn, S, N, pH and Conductivity electrical) of wastewater from the output of a sewage treatment plant, used for irrigation

soy and wheat, replacing the drinking water. The results were compared with literature data in order to check the chemical features that may restrict the use of such water for irrigation system located drip, and the adverse effects it can bring the plants to soil. Values of Ca, Mg, Cu and Zn, and the pH were considered normal, giving no limitation to the use of wastewater in irrigated agriculture. Thus, it can be inferred that the recycled water from the WWTP Botucatu – São Paulo, Brazil, can be used for irrigation purposes.
KEYWORDS: treated efluente, quality, water, recycling, drip irrigation.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional vem exigindo uma agricultura que possibilite a produção de alimentos em maior quantidade e qualidade, e nesse contexto a irrigação ganha grande expressão, possibilitando a expansão de terras com potencial produtivo além de ampliar a produção com a adoção de tecnologias e manejo adequados.

A irrigação é uma prática milenar, que visa disponibilizar água para as plantas de forma controlada, no momento adequado e em quantidade suficiente, a fim de garantir a produtividade das culturas.

Nas últimas décadas, a crise hídrica, agravada pelos problemas de poluição, elevou a busca por fontes alternativas de água, principalmente para a irrigação, atividade reconhecida mundialmente por utilizar grandes volumes de água.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2022), dentre os usos consuntivos setoriais de água no país, a irrigação lidera o crescimento das retiradas de água, que em 2020 representou 50% da retirada total no país, com perspectivas no aumento da demanda em 15% até 2040.

Nesse sentido, surge como alternativa o uso de efluentes tratados ou águas residuárias, que em função do aumento das estações de tratamento de esgotos no território nacional, tiveram produção elevada nos últimos anos, possuindo características químicas positivas sob o ponto de vista agronômico. O Brasil, atualmente, conta com 2,9 milhões de hectares irrigados com água de reúso, cerca de 35% das áreas irrigadas (ANA, 2022).

A prática da irrigação sempre esteve relacionada com a quantificação dos recursos hídricos, deixando-se em segundo plano a sua qualidade. Com a possibilidade de utilização de águas residuárias em sistemas irrigados, o aspecto qualitativo ganha grande importância, tanto no que se refere aos efeitos no solo e na planta, quanto aos efeitos no próprio sistema de distribuição de água.

Na região de Botucatu-SP, Brasil, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas estudando-se a aplicação da água de reúso em culturas agrícolas como: milho (PLETSCH, 2012), laranja (ROMEIRO, 2012; MOREIRA, 2013; LANZA, 2014), trigo, soja (KUMMER, 2013), girassol (LIMA, 2015), feijão (MELO *et al*., 2020) e tomate (SOUSA *et al*., 2021). O enfoque principal dos trabalhos é avaliar o efeito da água residuária no solo e nas plantas, sendo escassos os trabalhos que abordem as características físico-químicas da

água residuária e suas implicações na infiltração do solo e o potencial de obstrução dos emissores, mediante o emprego em sistemas de irrigação.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi investigar a viabilidade de utilização de água de reúso em culturas agrícolas, via irrigação localizada por gotejamento. Para isso, utilizaram-se dados do monitoramento de parâmetros físico-químicos da água residuária oriunda de uma estação de tratamento de esgotos, utilizada para irrigação de soja e trigo em estufa agrícola. Os resultados foram comparados com dados da literatura de maneira a verificar as características físico-químicas que podem limitar o emprego dessa água no sistema de irrigação localizada por gotejamento, bem como os efeitos adversos que podem trazer às plantas a ao solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se dados da caracterização química da água residuária utilizada na irrigação localizada das culturas de trigo e soja, no Setor de Solos e Ambiente da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", FCA/UNESP, Botucatu-SP.

O município encontra-se entre as coordenadas geográficas 22º52'55" de latitude Sul e 48º26'22" de longitude Oeste, a aproximadamente 789 m de altitude. De acordo com Cunha e Martins (2009), o clima da região é temperado quente úmido, com deficiência hídrica nos meses de abril, julho e agosto, e período chuvoso nos meses de primavera-verão. A precipitação média anual é de 1.428mm e temperatura média anual é de 20,5ºC.

As plantas foram cultivadas em vasos (43L) dispostos em estufa agrícola não climatizada. A distribuição de água às plantas ocorreu por meio de um sistema de irrigação localizada, utilizando-se gotejadores autocompensantes com vazão nominal de 4 L h^{-1}. A lâmina de água aplicada diariamente em cada unidade experimental (vaso) foi determinada em função da eficiência do sistema de irrigação (95%), do coeficiente de cultivo (Kc) e da evaporação do tanque classe A, instalado na parte central da estufa agrícola.

A água residuária, objeto de estudo, foi proveniente da saída da estação de tratamento de esgotos (ETE) do município de Botucatu-SP, localizada na Fazenda Experimental Lageado pertencente à FCA/UNESP. Vale mencionar que o sistema de tratamento de esgotos é constituído por um desarenador, seguido de tanque de equalização, reator anaeróbio de fluxo ascendente, decantadores primário e secundário. Na ocasião, a estação tratava cerca de 386 L s^{-1} de esgoto, com vazão média de tratamento de 355 L s^{-1}.

Com carreta tanque, semanalmente a água residuária era transporta da ETE até as proximidades da estufa agrícola, onde se encontrava um reservatório com capacidade de 1.000 L, no qual era acondicionada a água (Figura 1A e 1B).
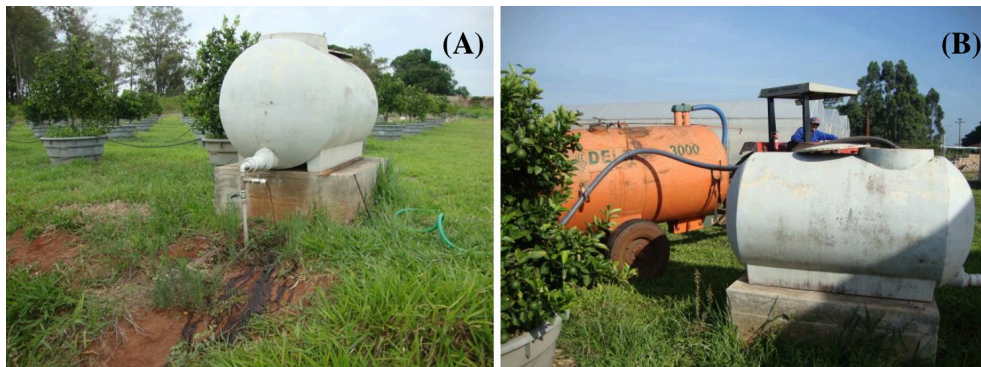
Figura 1 – Reservatório de água residuária (A) e reabastecimento com carreta tanque (B).

Para monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água residuária, efetuaram-se coletas semanais na saída do reservatório (Figura 1A). Essas coletas ocorreram em duas épocas distintas (inverno e verão), compreendidas pelo período do ciclo de cultivo de cada cultura, ou seja, de junho a agosto de 2012 e de dezembro de 2012 a março de 2013, totalizando 22 semanas de monitoramento.

Tanto as coletas quanto a preservação das amostras seguiram a metodologia descrita em APHA (2005). Realizaram-se as análises químicas em triplicata, determinando-se os teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu) e zinco (Zn) por espectrofotometria de absorção atômica. As análises do teor de fósforo (P) foram realizadas pela colorimetria do metavanadato e os teores de enxofre (S) e nitrogênio (N), determinados pela turbidimetria do sulfato de bário e pelo semi-Kjeldahl, respectivamente. Efetuaram-se as medidas de condutividade elétrica (CE) através de um condutivímetro da Tecnal (modelo Tec-5) enquanto o pH foi determinado por peagâmetro Tecnopon (modelo mCA 150).

Compararam-se os resultados médios (semanais e mensais) obtidos neste estudo com dados da literatura (AYERS e WESTCOTT, 1985; GILBERT e FORD, 1986[1] citado por BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; CROOK, 1993[2] e USEPA, 1999[3] citados por BLUM, 2003; BRASIL, 2005; AYERS e WESTCOT, 1986 citado por MOURA *et al.*, 2011), permitindo verificar a viabilidade de utilização de da água de reúso na irrigação de culturas agrícolas. Da mesma forma foi possível verificar, através da caracterização química, o potencial de risco de obstrução das tubulações e emissores (gotejadores) no sistema de irrigação localizada.

1. GILBERT, R. G.; FORD, H. W. Operational Principles/Emitter Clogging. In: NAKAYAMA, F. S. BUCKS, D. A. Trickle irrigation of crop prodution. [S.I.]: Elsevier Science Publishers, 1986, 383 p.
2. CROOK, J. Critérios de Qualidade da Água de Reúso. Trad. Hilton F. Santos. In: Revista DAE, v.174, p.10-8, 1993.
3. USEPA. US Environmental Protection Agency. In: *Nacional Primary Drinking Water Regulations Current Drinking Water Standards*. Office of Water, 1999.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água para irrigação pode ser definida em razão da concentração de elementos químicos, físicos ou biológicos. De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), dentre as determinações usualmente necessárias para análise dessa água encontram-se: condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS), pH, Ca e Mg.

Outros elementos como N, P, K e S não são citados na literatura científica como limitantes no emprego da irrigação localizada. No entanto, sabe-se que a presença de alguns desses elementos pode ser favorável ao desenvolvimento das plantas, assim como o excesso pode trazer efeitos adversos ao solo e às espécies vegetais.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios semanais dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu e Zn, além dos valores médios de pH e condutividade elétrica (CE) da água residuária durante o período de monitoramento.

	Semana/mês de referência	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	pH	CE
		---- $mg\ L^{-1}$ ----									dS/m
Inverno	1ª/ jun	62	5,0	15	22	3	9,0	0,06	0,05	7,5	0,53
	2ª/ jun	52	7,0	15	13	3	10,0	0	0	7,6	0,51
	3ª / jun	83	5,0	15	12	3	10,0	0	0	7,7	0,53
	4ª/ jul	84	7,0	15	14	3	10,0	0	0	7,8	0,58
	5ª/ jul	77	8,0	15	12	3	8,0	0	0	8,0	0,59
	6ª/ jul	108	8,0	18	20	3	12,0	0	0	7,8	0,77
	7ª/ ago	126	8,0	17	15	3	11,0	0	0	8,4	0,78
	8ª/ ago	109	8,0	17	16	3	14,0	0	0	7,7	0,75
	9ª/ ago	98	10,0	17	18	3	15,0	0	0	7,7	0,82
	10ª/ ago	111	13,0	23	19	3	18,0	0	0	7,4	0,87
	11ª/ ago	87	9,0	20	17	3	15,0	0	0	7,3	0,71
	Mín.	52,0	5,0	15,0	12,0	3,0	8,0	0,00	0,00	7,3	0,51
	Máx.	126,0	13,0	23,0	22,0	3,0	18,0	0,06	0,05	8,4	0,87
	Média	90,6	8,0	17,0	16,2	3,0	12,0	0,01	0,00	7,7	0,68

Verão	12ª/ dez	26	2,0	15	13	2	10,8	0	0,01	7,7	0,54
	13ª/ dez	17	2,8	17	18	2	11,2	0	0,01	7,7	0,54
	14ª/ dez	19	5,4	15	13	2	10,4	0	0,01	7,4	0,64
	15ª/ jan	21	3,2	16	13	3	9,3	0	0,01	8,6	0,46
	16ª/ jan	18	2,3	11	11	2	5,6	0	0,02	7,3	0,23
	17ª/ jan	17	3,1	13	19	2	6,5	0	0,02	7,2	0,36
	18ª/ fev	13	4,9	14	18	2	8,5	0	0,01	7,3	0,46
	19ª/ fev	15	5,1	14	15	2	13,5	0	0,01	7,8	0,45
	20ª/ fev	14	3,9	14	16	3	11,4	0	0,01	7,9	0,44
	21ª/ fev	19	4,1	16	20	3	11,7	0	0,01	7,7	0,40
	22ª/ mar	20	5,0	16	22	3	8,6	0	0,03	7,8	0,43
	Mín.	13,0	2,0	11,0	11,0	2,0	5,6	0,00	0,01	7,2	0,23
	Máx.	26,0	5,4	17,0	22,0	3,0	13,5	0,00	0,03	8,6	0,64
	Média	18,1	3,8	14,6	16,2	2,4	9,8	0,00	0,01	7,7	0,45

Tabela 1 - Resultados médios semanais da condutividade elétrica (CE), pH e teores de macro e micronutrientes na água residuária de ETE utilizada na irrigação localizada por gotejamento, no período de inverno e verão, na região de Botucatu-SP

De forma geral, observa-se que a maioria dos elementos, exceto o Ca e Zn, apresentaram, em média, teores mais elevados no período de inverno (Tabela 1).

Segundo Cunha e Martins (2009), embora a região de Botucatu-SP apresente uma precipitação média anual acima de 1.400 mm, no inverno é característico da região ocorrer um período de estiagem. Observou-se no decorrer deste estudo, que a precipitação acumulada no inverno foi inferior à observada no verão (Tabela 2). Essa deficiência hídrica nos meses de junho, julho e agosto pode ter contribuído para elevar a concentração média dos elementos P, K, Mg, S, Cu e principalmente do N na água de reúso (Tabela 1), uma vez que, provavelmente, não houve diluição pela água da chuva.

Descrição	Inverno		Verão[1]	
	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)
Acumulada	161,8	-	777,0	-
Média	-	18,1	-	22,5
Máxima	84,8	22,3	54,2	26,7
Mínima	0,0	11,3	0,0	17,4

[1]Temperatura externa.

Tabela 2. Precipitação e temperatura do ar no período de estudo

Embora o Brasil não conte com uma legislação específica para o reaproveitamento de águas de qualidade inferior na agricultura, a resolução do Conama nº357/2005 (BRASIL, 2005) alterada pelas resoluções Conama nº393/2007, nº397/2008, nº410/2009 e nº430/2011, trazem entre outros, um conjunto de condições e padrões de qualidade de água (doce, salobra e salina) necessários ao atendimento dos usos preponderantes, inclusive na irrigação.

Dessa maneira os valores médios mensais de N (Figura 2) encontraram-se acima dos limites estabelecidos pela referida resolução (BRASIL, 2005), onde os teores de N na água doce classe III, que pode ser destinada à irrigação de forrageiras e cerealíferas, deve ser de 5,6 mg L^{-1} para pH entre 7,5 e 8,0. Já nas diretrizes propostas por Ayers e Westcot (1985) para qualidade da água de irrigação, a concentração de N deve estar abaixo de 5,0 mg L^{-1} para que não haja restrição ao uso, pois acima de 3,0 mg L^{-1} a restrição se torna severa.

Sandri, Matsura e Testezlaf (2006), avaliando as características de água residuária proveniente de dejetos domésticos e sanitários na irrigação de alface, registraram teores de N que variaram de 32,5 a 37,4 mg L^{-1}, enquanto que os maiores teores de P-total na água residuária foram de 2,35 mg L^{-1}, diferente do observado neste estudo, que acusou a maior média mensal de 9,6 mg L^{-1} de P no mês de agosto (Figura 2).

Durante todo o período de monitoramento (Tabela 1) os valores médios de P encontraram-se acima do teor máximo permitido nas águas doces classe III (Brasil, 2005), que é de 0,15 mg L^{-1} de P. No entanto, segundo Blum (2003), o excesso de P na água de irrigação não implica em prejuízos, assim como quantidades elevadas de P nas águas residuárias de esgotos domésticos, não são suficientes para suprir a demanda nutricional das culturas.
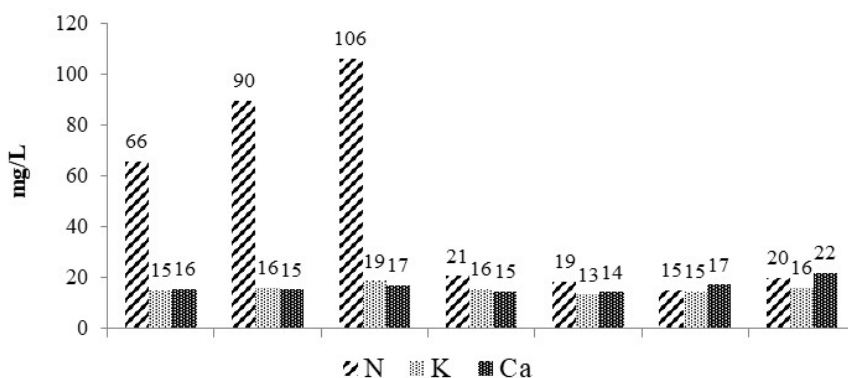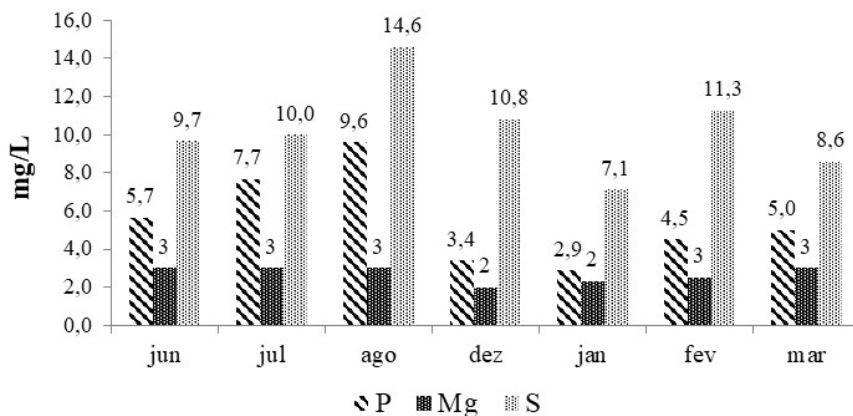
Figura 2. Teores médios mensais de Nitrogênio (N), Potássio (K), Cálcio (Ca), Fósforo (P), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) em água residuária de ETE utilizada na irrigação localizada por gotejamento.

Do ponto de vista agronômico, a água de reúso pode ser benéfica possibilitando complementar a adubação química, trazendo como consequência a economia de fertilizantes e a redução nos custos de produção. Nesse sentido, as concentrações de N mais elevadas observadas no período de inverno (Tabela 1), em especial no mês de agosto (Figura 2), sinalizam o potencial fertilizante da água de reúso, uma vez que o N é o elemento com maior exigência quantitativa pela maioria das culturas.

Nas mesmas condições deste estudo, Kummer (2013) relatou aumento de 76 e 137% na produtividade de trigo e de soja, respectivamente, utilizando essa mesma água residuária em substituição à água potável, em solo sem adubação nitrogenada (química ou orgânica) complementar. Isso ressalta a importância da contribuição dos macro e micro nutrientes na água de reúso para o desenvolvimento das culturas.

O teor médio mensal de K (Figura 2) variou entre 13 e 19 mg L^{-1}, valores superiores às faixas usuais de K na água de irrigação (2 mg L^{-1}) (AYERS e WESTCOT, 1985) e nas águas superficiais (1 – 3 mg L^{-1}) (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). Já o teor de Mg pouco variou (Tabela 1), com médias mensais oscilando entre 2 e 3 mg L^{-1} (Figura 2).

Em todo período de monitoramento as concentrações de Ca e Mg encontraram-se abaixo de 400 mg L^{-1} e de 60 mg L^{-1}, respectivamente, sendo consideradas normais para água de irrigação, segundo critérios de Ayers e Westcot (1986) citado por Moura et al (2011), uma vez que se aproximaram das concentrações de Ca (15 mg L^{-1}) e Mg (4 mg L^{-1}) encontradas em águas superficiais (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Para Bernardo, Soares e Mantovani (2006), o grande problema relacionado ao Ca e Mg na água de irrigação, é a possibilidade de precipitação desses elementos sob a forma de carbonatos na presença de elevada concentração de bicarbonato, podendo contribuir para reduzir a concentração de Ca e Mg na solução do solo e, consequentemente, elevar a proporção de sódio no meio.

Costa *et al*. (2009), observaram valores elevados de Ca (128 mg L^{-1}) e Mg (122mg L^{-1}) em água residuária utilizada na irrigação de milho, fato provavelmente relacionado à origem do efluente (decantado de um reator anaeróbio de fluxo ascendente). No entanto Moura *et al*. (2011), avaliando a qualidade da água de um córrego para irrigação, registraram teores de Ca entre 13 e 64 mg L^{-1} e de Mg entre 12 e 74 mg L^{-1}, com alguns valores superiores aos dos encontrados neste estudo onde se trabalhou com água residuária.

O teor médio mensal de S (Figura 2) variou de 7,1 a 14,6 mg L^{-1}, valores superiores aos encontrados por Sandri, Matsura e Testezlaf (2006), que avaliando a qualidade da água residuária utilizada em irrigação, obtiveram valores de S variando de 2,5 a 4,0 mg L^{-1}.

O S pode estar presente na água de irrigação em diversas formas, sendo as mais frequentes: sulfato (SO_4^{-2}) e sulfeto de hidrogênio (H_2S) (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011) e para Gilbert e Ford (1986) citado por Bernardo, Soares e Mantovani (2006), a água de irrigação deve apresentar uma concentração abaixo de 0,2 mg L^{-1} de H_2S para que haja pequeno risco de entupimento de emissores, pois acima desse valor o risco é considerado severo. Segundo Almeida (2010), a concentração de 1 mg L^{-1} de S na água de irrigação, pode favorecer o desenvolvimento de bactérias sulfurosas ocasionando a obstrução de filtros e emissores.

Se por um lado é desejável que a água de reúso contenha elementos essenciais para o desenvolvimento dos vegetais, por outro, tais elementos devem se apresentar em concentrações que não comprometam negativamente o solo, as plantas, tampouco o sistema de irrigação, principalmente a irrigação localizada.

Nesse sentido, Crook (1993) e Usepa (1999) citados por Blum (2003), propuseram limites aceitáveis de concentração de determinados elementos quando se utiliza água por longos períodos ou em curto espaço de tempo (Tabela 3).

Parâmetro	Limite recomendado (mg L^{-1})		Interpretação
	LP*	PC*	
Cobre (Cu)	0,2	5,0	Em teores entre 0,1 e 1,0 mg L^{-1} é tóxico para vários tipos de plantas.
Zinco (Zn)	2,0	10,0	Em concentrações elevadas pode ser tóxico à várias plantas; a toxicidade é reduzida em pH elevado (≥ 6) e em solos de textura fina ou orgânicos.
	Limite recomendado		
pH	6,0 – 8,5		O efeito do pH sobre o desenvolvimento das plantas é indireto (Ex.: efeito sobre a toxicidade de metais pesados).

*Limite para uso da água por períodos curtos (PC) (< 20 anos) e por longos períodos (LP) (acima de 20 anos); 1Adaptado de Crook (1993) e Usepa (1999) citados por Blum (2003).

Tabela 3 - Limites toleráveis de parâmetros químicos em água de reúso para irrigação agrícola1

Comparando-se os dados da Tabela 1 e das Figuras 3 e 4 com as informações da Tabela 3, observa-se que os teores de Cu e Zn não ultrapassaram as concentrações que limitam a utilização da água de irrigação por longos períodos. A máxima concentração de Zn foi obtida no mês de junho (Tabela 1) enquanto que a maior média mensal constatou-se no mês de março (Figura 3), sem exceder a faixa recomendada para o elemento (5 mg L^{-1}) para águas doces classe III que podem ser utilizadas para irrigação de forrageiras e cerealíferas (BRASIL, 2005).

A presença de Cu na água residuária foi observada somente na primeira data de coleta (Tabela 1), sem registros para os demais meses de monitoramento (Figura 3).

Resultados semelhantes foram observados por Kummer *et al.* (2012) em monitoramento da qualidade da água de reúso para irrigação do trigo, entre os meses de maio a outubro de 2011, onde os teores de Cu e Zn não ultrapassaram os limites recomendados para uso da água por longos períodos (CROOK, 1993 e USEPA, 1999 citados por BLUM, 2003), com concentração máxima de 0,02 mg L^{-1} de Cu e 0,05 mg L^{-1} de Zn.
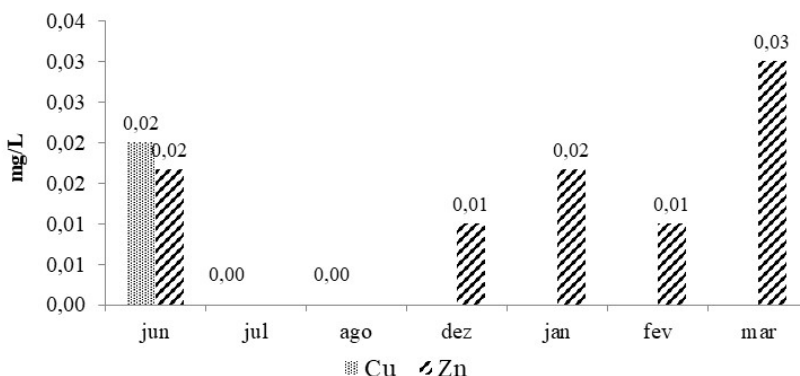
Figura 3 - Teores médios mensais de Cobre (Cu) e Zinco (Zn) em água residuária de ETE utilizada na irrigação localizada por gotejamento.

Também Gilbert e Ford (1986) citado por Bernardo, Soares e Mantovani (2006), propuseram uma classificação da qualidade da água de irrigação, onde relacionam a concentração e/ou valores de parâmetros químicos com o potencial risco de entupimento de emissores. Dentre os parâmetros citados por esses autores encontra-se o pH que deve estar numa faixa compreendida entre 7,0 e 8,0 para risco moderado de entupimento, onde valores abaixo de 7,0 e acima de 8,0 caracterizaram risco baixo e severo, respectivamente.

Em todo período de avaliação (Tabela 1) o pH mostrou-se acima de 7,0. Valores acima de 8,0 foram observados na primeira semana de agosto e na primeira semana de janeiro apontando para risco severo de entupimento de emissores. No entanto, observa-se que os valores médios mensais de pH ficaram na faixa compreendida entre 7,6 e 7,8, indicando risco moderado de entupimento de emissores (Figura 4).
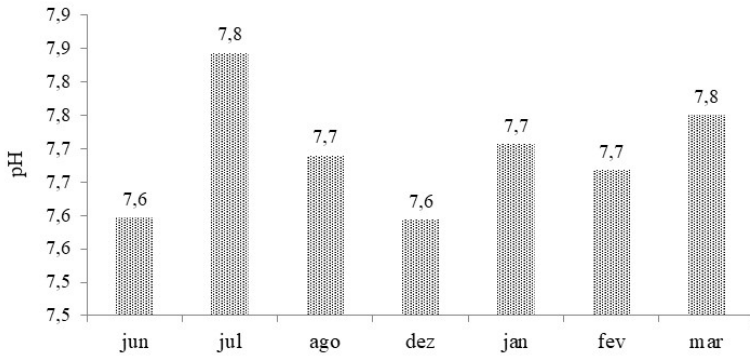
Figura 3 - Valores médios mensais de pH na água residuária utilizada para irrigação.

O risco de entupimento ocorre, pois como efeito indireto, o pH em determinadas condições pode contribuir para a precipitação de elementos químicos, inclusive metais pesados. De acordo com a classificação proposta por Crook (1993) e Usepa (1999) citados por Blum (2003), os valores de pH deste estudo encontram-se dentro dos limites recomendados para utilização de água residuária em sistemas agrícolas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Sandri, Matsura e Testezlaf (2006) que verificaram pH médio de 7,0 na água residuária utilizada na irrigação de alface. Já em estudo da qualidade da água de um córrego para fins de irrigação na produção de alimentos, Dalastra *et al.* (2014) verificaram pH entre 6,4 e 7,2. Para Ayers e Westcot (1985), a amplitude normal de pH na água de irrigação é de 6,5 a 8,4, o que corrobora com os resultados encontrados neste trabalho.

As variações mensais de condutividade elétrica apontaram para uma água com salinidade média (CE entre 0,25 e 0,75 dS.m^{-1}, a 25ºC) de acordo com a classificação proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006), à exceção do mês de agosto, onde obteve-se uma CE média mensal de 0,79 dS.m^{-1} (Figura 5).
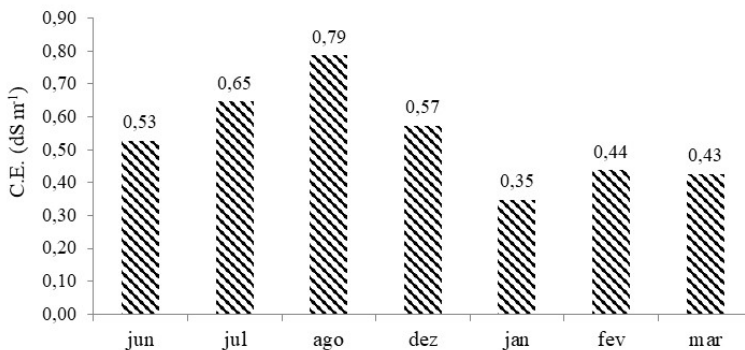
Figura 5 - Valores médios mensais de Condutividade Elétrica (CE) na água residuária utilizada para irrigação.

No verão não foram observados valores acima de 0,75 $dS.m^{-1}$ enquanto que no inverno, em pelo menos quatro semanas, esse valor foi superado (Tabela 1). Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), a água com salinidade média pode ser utilizada sempre que houver grau moderado de lixiviação na irrigação de espécies vegetais com moderada tolerância aos sais, na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade. De acordo com a interpretação de Ayers e Westcott (1985), essa água não apresenta restrição ao uso na irrigação, pois os valores médios mensais de CE, em sua maioria, ficaram abaixo de 0,70 $dS.m^{1}$. A CE variou de 0,23 a 0,87 $dS.m^{1}$ (Tabela 1) diferentemente do observado por Kummer et al. (2012), cuja variação foi de 0,59 a 0,69 $dS.m^{1}$, no entanto apresentaram médias próximas. Em trabalho realizado por Sandri, Matsura e Testezlaf (2006), avaliando a irrigação da alface com água residuária os autores registraram CE variando de 0,52 a 0,63 $dS.m^{1}$ enquanto que Costa *et al*. (2009) verificaram CE de 1,36 $dS.m^{1}$em água residuária utilizada para irrigação de milho.

CONCLUSÕES

- A água residuária proveniente da saída da estação de tratamento de esgotos do município de Botucatu/SP pode ser utilizada em sistemas agrícolas irrigados, desde que analisados os critérios químicos que limitam a utilização dessa água no sistema de irrigação, no solo ou na planta;
- As variações mensais de condutividade elétrica apontaram para uma água com salinidade média podendo ser utilizada na irrigação de plantas que apresentem tolerância moderada aos sais, ressaltando que deve apresentar grau moderado de lixiviação do solo;
- Os teores dos macronutrientes Ca e Mg e dos micronutrientes Cu e Zn, bem como os valores de pH, foram considerados normais, não conferindo limitação ao emprego da água residuária na agricultura irrigada.
- Não se pode afirmar que os teores de N, P, K e S foram limitantes na irrigação localizada.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021**: relatório pleno. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2022.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 227 p.

American Public Health Association - APHA. **Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater**. USA: Washingtown, 2005.

AYERS, R. S.; WETCOT, D. T. **Water quality for agriculture** (Revised). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, 1985. 174 p.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. E Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p.125-174.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357/2005**, de 17 de março de 2005. – In: Resoluções, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> Acesso em: 12 jun. 2023.

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.687-693, 2009.

CUNHA, A. R., MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, V. 14, n.1, p.1-11, janeiro-março, 2009.

DALASTRA, C.; HERNANDEZ, F. B. T.; BARBOZA, G. C.; SONEGO C. R. Qualidade da água do córrego do Cedro para fins de irrigação na produção de alimentos consumidos *in-natura*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v.1, n.2, p.52-63, out./dez. 2014.

KUMMER, A. C. B. K. Efeito de efluente de esgoto tratado e lodo de esgoto compostado no solo e nas culturas de trigo e soja. 2013. 178 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

KUMMER, A. C. B.; SILVA, I. P. F.; LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H. Qualidade da água residuária para irrigação do trigo. **Revista Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p.297-308, 2012.

LANZA, M. H. Utilização de lodo de esgoto compostado e irrigação com água residuária em laranjeiras 'Valência'. 2014. 64 f. **Dissertação** (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

LIMA, R. A. S. Utilização de resíduos de tratamento de esgoto como suprimento hídrico e nutricional na cultura do girassol. 2015. 59 f. **Dissertação** (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

MELO, M. R. M.; SOUSA, F. G. G.; CARVALHO, R. S. C.; GRASSI FILHO, H.; KLAR, A. E. Água residuária como alternativa de irrigação em duas cultivares de feijão. **Revista Irriga**, Botucatu, v.25, n.2, p.388-401, abr./jun., 2020.

MOREIRA, L. L. Q. Alterações químicas no sistema solo-planta após adubação com lodo de esgoto compostado e irrigação com água residuária em laranjeira 'Valência'. 2013. 68 f. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013.

MOURA, R. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; LEITE, M. A.; FRANCO, R. A. M.; FEITOSA, D. G.; MACHADO, L. F. Qualidade da água para uso em irrigação na microbacia do córrego do Cinturão Verde, município de Ilha Solteira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.5, n.1, p.68-74, 2011.

PARON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de Procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. 1 ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2011, 67 p.

PARRON, L. M.; MUNIZ, H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 67 p.

PLETSCH, T. Ap. Irrigação de milho por sulcos com efluente de esgoto doméstico tratado. 2012. 71 f. **Tese** (Doutorado)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

ROMEIRO, J. C. T. Atributos químicos do solo e crescimento de laranjeiras 'pera' irrigadas com efluentes de esgoto tratado e fertilizadas com lodo de esgoto compostado. 2012. 145 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.45-57, jan./abr., 2006.

SOUSA, F. G. G.; CARVALHO, R. S. C.; MELO, M. R. M.; GRASSI FILHO, H. Absorção de macronutrientes e sódio pelo tomateiro submetido a irrigação com e sem déficit hídrico, utilizando diferentes concentrações de água residuária. **Revista Irriga**, Botucatu, v.26, n.1, p.65-76, jan./mar., 2021.

UTILIZAÇÃO DE CONTEÚDO GERADO PELO UTILIZADOR PARA SUPORTAR A CRIAÇÃO DE DESTINOS TURÍSTICOS INTELIGENTES

Data de aceite: 01/08/2023

Manuel Cortes P. Belchior Sousa
TechLab, Departamento de Ciências e Tecnologias
Universidade Autónoma de Lisboa Luís de Camões, Portugal

Adriana Lopes Fernandes
Department of Engineering and Computer Sciences, Universidade Autónoma de Lisboa. Autonoma TechLab
Lisboa, Portugal
Ci2—Centro de Investigação em Cidades Inteligentes, Tomar, Portugal

Valéria Magalhães Pequeno
Department of Engineering and Computer Sciences, Universidade Autónoma de Lisboa. Autonoma TechLab
Lisboa, Portuga
Departamento de Engenharia Marítima, Escola Superior Náutica Infante D Henrique, Paco d'Arcos, Portugal

RESUMO: A pandemia Covid-19 teve um impacto sem precedentes na indústria do turismo. Acredita-se que a recuperação do setor passa por um forte investimento em tecnologias que permitam criar e gerir a perceção dos turistas sobre a imagem virtual dos destinos turísticos. Este artigo propõe uma discussão sobre a relevância do User Generated Content (UGC) para revelar a imagem virtual de um destino turístico, a fim de contribuir para a criação de um Smart Tourism Destination (STD). A imagem virtual é estudada sob a perspetiva do sistema de transporte público pelo facto de sua melhoria ser um dos objetivos do plano estratégico do Turismo de Portugal para criação de um STD na década de 2017 – 2027. A metodologia utilizada foi a qualitativa, por meio de uma pesquisa bibliográfica, em que foram abordados os fatores-chave desta temática. Após o estudo realizado concluiu-se que a exploração de UGC pode permitir aos gestores e entidades reguladoras e promotoras do turismo extrair muitas informações interessantes acerca de como tirar melhor proveito das tecnologias adotadas para criar valor para os turistas.

PALAVRAS-CHAVE: User Generated Content; Imagem; Smart Tourism Destination.

USE OF USER GENERATED CONTENT TO SUPPORT THE CREATION OF SMART TOURIST DESTINATIONS

ABSTRACT: The Covid-19 pandemic had an unprecedented impact on the tourism industry. It is believed that the recovery of the sector goes through a strong investment in technologies that allow creating and managing tourists' perception of the virtual image of tourist destinations. This article proposes a discussion about the relevance of User Generated Content (UGC) to reveal the virtual image of a tourist destination, in order to contribute to the creation of a Smart Tourism Destination (STD). The virtual image is studied from the perspective of the public transport system due to the fact that its improvement is one of the objectives of the Tourism of Portugal strategic plan for the creation of a STD in the decade 2017 - 2027. The methodology used was qualitative, through a bibliographical research, in which the key factors of this theme were addressed. After the study carried out it was concluded that the exploration of UGCs can allow managers and regulatory and tourism promoting entities to extract a lot of interesting information about how to take better advantage of the technologies adopted to create value for tourists.
KEYWORDS: User Generated Content; Imagem; Smart Tourism Destination.

1 I INTRODUÇÃO

A pandemia COVID-19 desmobilizou severamente a economia global [1]. Uma das indústrias mais afetadas foi a do turismo [1], [2]. Estima-se perdas superiores a $1,2 biliões em receitas de exportação turística no mundo e de 120 milhões de postos de trabalho diretamente ligados ao turismo [2]. Em Portugal a situação não é diferente, o Banco de Portugal e o Instituto Nacional de Estatística (INE) apontam para um decréscimo de 97% no número de dormidas em alojamentos turísticos no país [3].

A fim de encontrar soluções para combater os efeitos da pandemia do COVID-19 e reabrir o turismo e a economia, a tecnologia tem sido proposta como um dos recursos mais promissores. Soluções envolvendo aplicações *mobiles*, *Internet of Things* (IoT), *Radio-frequency identification* (RFID), *Big Data*, entre outras, estão a ser utilizadas para auxiliar na tomada de decisão rápida e em tempo real [2]. Além disso, o crescimento do media social e do conteúdo gerado pelo utilizador (*User Generated Content* - UGC) na Internet – identificado como uma das fontes mais valiosas do *Big Data* [4] – tem fornecido uma enorme quantidade de informações que permite avaliar em primeira mão as experiências, opiniões e sentimentos dos utilizadores/clientes do turismo [5].

A análise massiva deste tipo de conteúdo e uma correta gestão dessas informações disponíveis virtualmente, como é o caso do UGC, são fundamentais na compreensão de como formar uma imagem turística adequada, atrair mais turistas e reabrir a economia e o turismo [2] [6]. Além disso, a compreensão adequada das necessidades e comportamentos dos turistas tornou-se fulcral para melhorar toda a experiência turística, oferecer serviços adequados ao utilizador certo no momento certo, e desenvolver o conceito de Destino Turístico Inteligente (*Smart Tourism Destination* - STD) [7].

O STD é considerado um campo de estudo promissor, uma vez que visa aprimorar a experiência turística, de forma a maximizar a competitividade do destino e a satisfação do consumidor, com atenção à sustentabilidade a longo prazo [8]. Para além de trazer benefícios aos turistas, a criação de destinos turísticos inteligentes também se preocupa em melhorar a qualidade de vida dos residentes [7].

No intuito de contribuir para o avanço dos estudos relacionados a criação de um STD e com a reabertura da economia e do turismo em Portugal, o presente artigo teve como objetivo lançar luz sobre a relevância do UGC para revelar a imagem virtual de um destino turístico, a fim de contribuir para a criação de um STD. Por meio de uma revisão bibliográfica, pretendeu-se abordar os fatores-chave desta temática: (II) *User Generated Content*; (III) Imagem Virtual de Um Destino Turístico; e (IV) *Smart Tourism Destination.*

A imagem virtual, ou seja, a imagem de um destino criada pelos turistas a partir dos diversos canais digitais [5], é estudada sob a perspetiva do sistema de transporte público da região turísticas de Lisboa. Esta escolha se deu principalmente pelo facto deste serviço estar alinhado aos interesses da indústria do turismo e da sociedade portuguesa. Segundo o que foi proposto em uma das linhas de ação do plano estratégico do Turismo de Portugal para a década de 2017 – 2027 [9], Portugal tem como objetivo: (1) Assegurar uma oferta de transportes públicos adequada à intensidade turística existente; e (2) Desenvolver ações que promovam a intermodalidade e a interoperabilidade entre diferentes serviços de transporte.

Acredita-se que a compreensão da imagem que o turista/viajante possui sobre os serviços de transporte público poderá auxiliar os gestores e órgãos públicos responsáveis por esse serviço a conhecer a realidade. A partir desse conhecimento, pode-se então ser desenvolvido um produto turístico mais atrativo e personalizado para os visitantes e, consequentemente, para os cidadãos portugueses.

2 | USER GENERATED CONTENT

O UGC é qualquer conteúdo como texto, vídeos, imagens, avaliações, entre outros, criado pelo utilizador e publicado nas plataformas *online* como as redes sociais [5]. É um artefacto que os consumidores criam para divulgar informações sobre produtos/serviços *online* ou as empresas que os comercializam [10].

O crescimento das redes sociais e do UGC na Internet fornece uma grande quantidade de informações que permitem experienciar as opiniões e sentimentos dos utilizadores e clientes. Este crescimento teve um impacto em todo o processo de viagem no setor do turismo. Mais concretamente nos processos pré-viagem, durante a viagem, e pós-viagem [4] [5]. O UGC no setor do turismo serve fundamentalmente a dois propósitos, nomeadamente: 1. informar, na medida em que providenciam informação na ótica do utilizador de um produto; e 2. recomendar, ao fornecer uma plataforma que permite

aos consumidores expressar o seu grau de recomendação ou contentamento com um produto, estabelecimento, serviço, ou até mesmo um destino [5] [10].

Pode-se dizer que o UGC sob a forma de comentário e classificação por parte de utilizadores, ou potenciais utilizadores, aparentam ter um papel cada vez mais relevante no processo de tomada de decisão por parte dos consumidores, especialmente no que diz respeito ao turismo. Assume um carácter mais significativo que a informação criada por *marketers* no que diz respeito à estimulação de interesse num produto ou serviço [11] e ainda possui um impacto significativo na propensão de novos desejos ou planos futuros dos consumidores [12].

3 I IMAGEM VIRTUAL DE UM DESTINO TURÍSTICO

A Imagem de Destino Turístico é um campo complexo, sendo, nas últimas quatro décadas, alvo de contínuas pesquisas pela comunidade científica [13]. Até o momento não há consenso sobre a sua definição, uma vez que a imagem é um construto ligado a vários campos de investigação, desde a psicologia à filosofia e, naturalmente, são muitas as definições e significados associados à palavra [14].

Neste estudo, a imagem de um destino será definida como a soma de ideias, convicções e impressões que um indivíduo tem de um determinado local [15]. A imagem de um destino tem uma influência considerável na intenção de visitar pela primeira vez, e na propensão de regressar/recomendar um destino turístico [11]. Ela é um importante antecedente da perceção da qualidade e satisfação da estadia no local [15].

Nas últimas duas décadas, tem-se assistido a um estudo mais intensivo da chamada imagem virtual de um destino, ou seja, a imagem criada por indivíduos a partir de canais digitais, principalmente pelo aumento da utilização por parte dos viajantes dos media sociais como Twitter, Facebook, *Online Travel Agencies* (OTA's) como por exemplo o Booking [16][17] e plataformas de *Online Travel Reviews* (OTR's), para exprimir opinião sobre um destino turístico, suas atrações, hotéis e restaurantes [17] [11].

Em suma, pode-se considerar que o produto do turismo é baseado em imagens que um indivíduo constrói, podendo essa construção ser realizada a partir de opiniões geradas por outros turistas/viajantes na Internet. Assim sendo, o estudo da imagem de um destino passa a ser fulcral para aprimorar a experiência turística do consumidor e contribuir para a criação de um STD.

4 I SMART TOURISM DESTINATION E O SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

Caracterizado como uma progressão do turismo tradicional, o *Smart Tourism*, ou "Turismo Inteligente" em português, surgiu com o crescimento, em concomitância, do setor do turismo e das tecnologias da informação [7]. O seu objetivo principal é oferecer uma

experiência inteligente aos turistas, aprimorada pela personalização e pelo fornecimento de dados em tempo real, mediados por tecnologias [18].

É possível afirmar que o *Smart Tourism* assenta na capacidade de um destino recolher grandes quantidades de informação (*Big Data)* gratuita e na sua capacidade de, inteligentemente, a analisar (*Business Intelligence)* com vista a criar valor sob a forma de inovação, melhoria de processos de decisão, enriquecimento da experiência turística, previsão de procura, antecipação de necessidades, arquitetura de novos modelos de negócios, dinamização e melhoria da experiência turística [6] [19].

Assim, a utilização de *Big Data* torna-se especialmente importante para criar valor turístico na medida em que estas grandes quantidades de dados, acessíveis em tempo real, permitem criar condições de *feedback* instantâneo, ajudando a desbloquear padrões, tendências, opiniões e movimentos que permitem a personalização da experiência turística [19]. É seguro afirmar, por isso, que o uso das tecnologias da informação, por parte do turismo, é crucial na aprendizagem uma vez que acelera o acesso a grandes quantidades de informação, ao mesmo tempo que permite o uso de recursos de maneira mais eficiente e sustentável [6].

Os contributos que o *Smart Tourism* tem para um destino podem ser medidos em três dimensões [8], sendo elas:

- Os empreendimentos e serviços turísticos, em que os objetivos passam pela capacidade de melhorar a oferta e experiência, implementação de novos modelos de negócio e serviço, otimização de recursos e competências, e dinamização da competitividade, expandindo assim a escala turística;
- As organizações governamentais, possibilitando a integração e promoção de um serviço público adequado, baseado no conhecimento prático;
- Os turistas, promovendo-se a customização e interação constante, aumentando a segurança e níveis de satisfação ao promover uma experiência mais conveniente, inteligente e personalizada.

O presente artigo, concentra-se na utilização de UGC para auxiliar no desenvolvimento da segunda dimensão, pois embora um destino de turismo inteligente deva ser um lugar inovador acessível a todos os visitantes que podem experimentar uma viagem melhor, mais interativa e de maior qualidade, também deve melhorar a qualidade de vida dos residentes [18] [20]. É nessa perspetiva que analisar a imagem do sistema de transporte público se torna essencial.

Um sistema de transporte público adequado deve envolver muitos meios, como metro, comboios, autocarros, elétricos, bicicletas, entre outros. A incorporação das tecnologias da informação ao sistema de transporte é capaz de gerar mudanças positivas na vida dos cidadãos, na satisfação do viajante, melhorias em eficiência de tráfego, segurança no trânsito, assistência a motoristas e passageiros, dando nova direção ao planeamento urbano, e incorporando inteligência aos serviços prestados [21].

Na literatura atual, a maior parte dos estudos que utilizam UGC para revelar a imagem de um destino, com a finalidade de criar destinos turísticos inteligentes, é realizada a partir da avaliação de alojamentos, restaurantes, produtos e atrações turísticas [17]. Há um considerável espaço para análise da importância da imagem que o viajante possui do sistema de transporte público de um destino, para a criação de um STD [7].

A. Portugal como Smart Tourism Destination

O crescimento do turismo em Portugal tem assumido um carácter exponencial desde 2010, sendo considerado um forte impulsionador da economia num período pós crise-económica, em 2008. Segundo os dados fornecidos pelo *World Travel & Tourism Council* [22], a contribuição total em 2018 do setor turístico para o PIB português, quando contabilizados os efeitos diretos, indiretos e induzidos, foi de 19,1%, enquanto a média mundial ronda os 10%. Este valor representa uma contribuição de quase um quinto do PIB português, sendo o impacto causado por chegadas internacionais de 20,6 mil milhões de euros, o que representa cerca de 23,1% das exportações de Portugal. Estima- se que a indústria turística é ainda responsável por cerca de 21,8% da empregabilidade total de Portugal quando contabilizados todos os efeitos diretos, indiretos e induzidos do sector. Também a relação entre importações e exportações, ou balança turística, ao nível do turismo tem produzido bons resultados para Portugal [22].

Entretanto, apesar do crescimento nos últimos anos, o sector do turismo foi severamente afetado pela pandemia do Covid-19, causando sérios impactos à economia portuguesa devido a grande representatividade do sector. Para reabrir o turismo e a economia, Portugal deverá investir fortemente em tecnologias que a possibilitem implementar o plano estratégico do Turismo de Portugal para a década de 2017 – 2027 [9]. Este último é definido como um documento que consubstancia uma visão de longo prazo, que se compagina com ações concretas no curto prazo, permitindo, a atuação com maior sentido estratégico no presente e, simultaneamente, enquadrar o futuro quadro comunitário de apoio 2021-2027 [9].

A proposta do Turismo de Portugal foca-se predominantemente na utilização de recursos tecnológicos para melhorar a experiência turística que conduza diretamente ao desenvolvimento de *Smart Tourism*. Na linha de ação relacionada a melhoria dos sistemas de mobilidade rodo- ferroviária e de navegabilidade, foram propostos nove objetivos, sendo os dois mais representativos para este estudo:

- Assegurar uma oferta de transportes públicos adequada à intensidade turística existente;
- Ações que promovam a intermodalidade e a interoperabilidade entre diferentes serviços de transporte.

Acredita-se que para que se possa atender os dois objetivos apresentados, primeiramente é preciso compreender a atual situação dos Sistema de Transporte Público. Uma das formas para se fazer isso seria através da análise da informação disponível online, como UGC, que pode revelar a imagem que os turistas/viajantes possuem dos serviços prestados, de forma a criar *insights* sobre o que pode ser melhorado.

5 I CONCLUSÕES

O presente artigo teve como objetivo discutir a relevância do UGC para revelar a imagem virtual de um destino turístico, tendo como foco a perspetiva dos sistemas de transporte público. Através de uma cuidada revisão bibliográfica, foram abordados tópicos considerados fatores-chave para a discussão da temática.

O presente estudo traz implicações teóricas e práticas para o sector do turismo, e principalmente para os estudos sobre STD. Em termos teóricos, ao analisar a literatura, não somente sobre a indústria do turismo, mas também sobre tecnologias e gestão, fica visível que nos últimos 10 anos o tema STD tem sido amplamente trabalhado, sendo considerado um campo de estudo promissor [6]. No entanto, ainda há um considerável espaço para a investigação, principalmente no que respeita a temas como redes sociais e utilização de UGC para desenvolver serviços inteligentes para o turismo urbano [7].

Em termos práticos, principalmente após a pandemia do Covid-19, a exploração de UGC pode permitir aos gestores e entidades reguladoras e promotoras do turismo extrair muitas informações interessantes acerca de como tirar melhor proveito das tecnologias adotadas para criar valor para os turistas e, consequentemente, gerar vantagens competitivas sustentáveis [21].

Além disso, o estudo da imagem turística dos serviços oferecidos pelo atual sistema de transporte público da região turística de Lisboa pode auxiliar entidades reguladoras e promotoras do turismo na descoberta das preferências dos visitantes, o que pode ser útil para otimização da distribuição dos recursos disponíveis e para dar uma nova direção ao planeamento urbano, incorporando inteligência aos sistemas de transporte.

Por fim, pretende-se ainda contribuir para o plano estratégico do Turismo de Portugal para a década de 2017 – 2027 [9]. Considera-se que fica evidente que a recuperação pós-pandemia da atividade económica de Portugal passa pelo sector do turismo. A imagem do destino permite a compreensão das prioridades dos visitantes num momento pandémico e vão possibilitar à região a adaptação da oferta e mitigação de riscos. Estes procedimentos poderão contribuir para o benefício comum de todos os agentes diretos e indiretos do turismo na região e para que haja a possibilidade de melhoria constante da experiência dos turistas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no Centro de Investigação Autónoma TechLab da Universidade Autónoma de Lisboa, Portugal, à qual os autores agradecem o apoio e financiamento.

REFERÊNCIAS

1. I. Chakraborty and P. Maity, "COVID-19 outbreak: Migration, effects on society, global environment and prevention," *Science of the Total Environment*, vol. 728, p. 138882, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138882.

2. M. Sigala, "Tourism and COVID-19: Impacts and implications for advancing and resetting industry and research," *Journal of Business Research*, vol. 117, no. June, pp. 312–321, 2020, doi: 10.1016/j.jbusres.2020.06.015.

3. M. L. Silva, "Impacto do COVID-19 no turismo em Portugal- novembro 2020," *Travelbi*, Lisbon, pp. 1–3, 2020.

4. Y. Narangajavana Kaosiri, L. J. Callarisa Fiol, M. Á. Moliner Tena, R. M. Rodríguez Artola, and J. Sánchez García, "User-Generated Content Sources in Social Media: A New Approach to Explore Tourist Satisfaction," *Journal of Travel Research*, vol. 58, no. 2, pp. 253–265, 2019, doi: 10.1177/0047287517746014.

5. E. Marine-Roig and S. Anton Clavé, "Tourism analytics with massive user-generated content: A case study of Barcelona," *Journal of Destination Marketing and Management*, vol. 4, no. 3, pp. 162–172, 2015, doi: 10.1016/j.jdmm.2015.06.004.

6. P. del Vecchio, G. Mele, V. Ndou, and G. Secundo, "Creating value from Social Big Data: Implications for Smart Tourism Destinations," *Information Processing and Management*, vol. 54, no. 5, pp. 847– 860, 2018, doi: 10.1016/j.ipm.2017.10.006.

7. A. Kontogianni and E. Alepis, "Smart tourism: State of the art and literature review for the last six years," *Array*, vol. 6, no. January, p. 100020, 2020, doi: 10.1016/j.array.2020.100020.

8. S. Shafiee, A. Rajabzadeh Ghatari, A. Hasanzadeh, and S. Jahanyan, "Developing a model for sustainable smart tourism destinations: A systematic review," *Tourism Management Perspectives*, vol. 31, no. June 2018, pp. 287–300, 2019, doi: 10.1016/j.tmp.2019.06.002.

9. Turismo de Portugal, "Estratégia para o Turismo 2027: pensar o futuro, agir no presente.," Lisbon, 2017. [Online]. Available: https://estrategia.turismodeportugal.pt/sites/default/files/Estrategia_ Turismo_ Portugal_ET27.pdf.

10. J. Krumm, N. Davies, and C. Naratyanaswami, "User-Generated Content," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 7, no. 4, pp. 4–6, 2008, doi: 10.7748/nr2008.07.15.4.4.c6656.

11. U. Gretzel and K. H. Yoo, "Use and Impact of Online Travel Reviews," *Information and Communication Technologies in Tourism 2008*, pp. 35–46, 2008, doi: 10.1007/978-3-211-77280-5_4.

12. J. M. S. Lam, H. Ismail, and S. Lee, "From desktop to destination: User-generated content platforms, co-created online experiences, destination image and satisfaction," *Journal of Destination Marketing and Management*, vol. 18, no. July, p. 100490, 2020, doi: 10.1016/j.jdmm.2020.100490.

13. R. S. Shankar, “Destination Personality and Destination Image: A Literature Review.,” *IUP Journal of Brand Management*, vol. 15, no. 4, pp. 47–60, 2018, [Online]. Available: http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=1 34760382&site=ehost-live&scope=site.

14. A. I. Rodrigues, A. Correia, and M. Kozak, “A multidisciplinary approach on destination image construct,” *TOURISMOS: an international multidisciplinary journal of tourism*, vol. 6, no. 3, pp. 93–110, 2011.

15. E. Marine-Roig, “Measuring destination image through travel reviews in search engines,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 9, no. 8, 2017, doi: 10.3390/su9081425.

16. L. Lalicic and M. Garaus, “Tourism-Induced Place Change: The Role of Place Attachment, Emotions, and Tourism Concern in Predicting Supportive or Oppositional Behavioral Responses,” *Journal of Travel Research*, 2020, doi: 10.1177/0047287520967753.

17. E. Marine-Roig, “Destination image analytics through traveller- generated content,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, no. 12, 2019, doi: 10.3390/su10023392.

18. A. Jasrotia and A. Gangotia, “Smart cities to smart tourism destinations: A review paper,” *Journal of Tourism Intelligence and Smartness*, vol. 1, no. 1, pp. 47–56, 2018, [Online]. Available: http://dergipark.gov.tr/jtis/issue/39024/446754.

19. D. Buhalis and A. Amaranggana, “Smart Tourism Destinations Enhancing Tourism Experience Through Personalisation of Services,” *Information and Communication Technologies in Tourism 2015*, no. February, pp. 377–389, 2015, doi: 10.1007/978-3-319- 14343-9_28.

20. U. Gretzel, M. Sigala, Z. Xiang, and C. Koo, “Smart tourism: foundations and developments,” *Electronic Markets*, vol. 25, no. 3, pp. 179–188, 2015, doi: 10.1007/s12525-015-0196-8.

21. M. Gohar, M. Muzammal, and A. Ur Rahman, “SMART TSS: Defining transportation system behavior using big data analytics in smart cities,” *Sustainable Cities and Society*, vol. 41, no. August 2017, pp. 114–119, 2018, doi: 10.1016/j.scs.2018.05.008.

22. World TRavel & Tourism Concil, “Travel & Tourism: economic impact 2018 Portugal,” London, 2018.

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA GEOMETRIA ANALÍTICA

Data de submissão: 07/07/2023 *Data de aceite: 01/08/2023*

Guilherme Porto
Instituto Federal Farroupilha
São Borja – RS
http://lattes.cnpq.br/5735653099270140

Débora Marília Hauenstein
Instituto Federal Farroupilha
São Borja – RS
http://lattes.cnpq.br/3461042376308753

André Luis Andrejew Ferreira
Universidade Federal de Pelotas
Pelotas – RS
http://lattes.cnpq.br/0257799779736390

RESUMO: Este trabalho apresenta a análise de uma sequência didática que aborda as dificuldades de aprendizado na disciplina de Geometria Analítica em cursos de nível superior. A proposta envolve o uso do software GeoGebra como ferramenta pedagógica, baseada em estudos anteriores que destacaram os benefícios do uso dessa tecnologia no ensino da matemática. Realiza-se uma revisão bibliográfica que, por meio de uma análise crítica, identificou algumas das principais dificuldades de aprendizagem nessa disciplina, como falta de motivação, problemas com visualização geométrica e manipulação algébrica de equações. A sequência didática é apresentada por meio de quatro aulas que abordam conceitos fundamentais da Geometria Analítica e a construção de modelos computacionais gráficos. As aulas foram aplicadas em uma turma de Licenciatura em Matemática e incluíram atividades práticas utilizando o GeoGebra. Os resultados obtidos indicam uma melhoria na compreensão dos conteúdos por parte dos alunos, qualificando o processo de ensino com o uso de recursos computacionais e da contextualização dos conteúdos matemáticos.

PALAVRAS-CHAVE: Geometria Computacional; Geometria Analítica; GeoGebra; Sequência Didática.

RESULTS OF THE APPLICATION OF A DIDACTIC SEQUENCE FOR THE TEACHING OF ANALYTICAL GEOMETRY

ABSTRACT: This work presents the analysis of a didactic sequence that addresses learning difficulties in the discipline of Analytical Geometry in higher education courses. The proposal involves the use of GeoGebra software as a pedagogical tool,

based on previous studies that highlighted the benefits of using this technology in teaching mathematics. A bibliographic review is carried out which, through a critical analysis, identified some of the main learning difficulties in this discipline, such as lack of motivation, problems with geometric visualization and algebraic manipulation of equations. The didactic sequence is presented through four classes that address fundamental concepts of Analytical Geometry and the construction of graphic computational models. The classes were applied in a Mathematics Degree class and included practical activities using GeoGebra. The obtained results indicate an improvement in the understanding of the contents by the students, qualifying the teaching process with the use of computational resources and the contextualization of the mathematical contents.
KEYWORDS: Computational Geometry; Analytical Geometry; GeoGebra; Didactic Sequence.

1 | INTRODUÇÃO

A matemática é uma disciplina que apresenta dificuldades de compreensão para os estudantes brasileiros, como indicado pelo Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa), que é estudo comparativo sobre o desempenho acadêmico dos alunos do ensino básico. No caso do Brasil, os resultados mostram que os estudantes têm um baixo desempenho em matemática em comparação com outros países. Diversos estudos, como os de Waiselfisz (2009) e Nogueira (2018), também destacam a dificuldade dos discentes brasileiros em ciências exatas. Tal problemática justifica a necessidade de pesquisas que busquem compreender esse fenômeno e se proponham a buscar soluções para amenizar seus impactos.

Estudos, como o de Rosa, Santos e Mendes (2019), analisaram as problemáticas no ensino da disciplina de Geometria Analítica em cursos de engenharia e licenciatura em matemática. Essas pesquisas identificaram que os alunos não possuem o domínio adequado dos conceitos matemáticos fundamentais do conteúdo, o que afeta seu desempenho acadêmico ao longo do curso. Assim, o presente trabalho tem como objetivo investigar as dificuldades de aprendizado na referida disciplina em cursos de nível superior, bem como propor uma alternativa para seu ensino.

Para sanar tais adversidades, propomos o uso do software Geogebra aliado ao ensino da Geometria Analítica. Esse tipo de proposta tem se mostrado eficaz no ensino da matemática. Estudos, como o projeto “Objetos de Aprendizagem na Sala de Aula: Recursos, Metodologias e Estratégias para melhoria da Qualidade da Aprendizagem” desenvolvido pela Universidade Estadual Paulista (FAPESP, 2013), demonstraram que o uso de objetos digitais de aprendizagem elevou o comprometimento dos alunos, resultando em um melhor desempenho. Além disso, mostrou que o software GeoGebra permite a visualização e compreensão de conceitos geométricos de forma mais concreta, indo de encontro com as dificuldades discentes.

Portanto, este estudo propõe uma sequência didática utilizando o software GeoGebra para abordar as dificuldades de ensino e aprendizagem na disciplina de

Geometria Analítica. Em específico, realizamos a incorporação de elementos da geometria computacional no ambiente de sala de aula pode despertar o interesse dos alunos e ajudá-los a compreender a relevância prática desses conteúdos. Espera-se que essa abordagem inovadora contribua para melhorar o desempenho dos alunos e a qualidade do ensino da disciplina.

2 I REFERENCIAL TEÓRICO

Realizamos um levantamento bibliográfico sobre as principais dificuldades de aprendizado em Geometria Analítica encontradas na literatura, bem como das experiências que já foram realizadas para ensinar o conteúdo com auxílio do GeoGebra. Esse estudo inicial determinou as problemáticas que serão tratadas em nossa sequência didática.

O estudo de Pires (2016) investigou potenciais dificuldades de aprendizagem da Geometria Analítica no Ensino Médio. A pesquisa revelou que a metodologia de ensino utilizada iniciava com definições sobre os conteúdos, seguido de exercícios de fixação, sem explorar a contextualização da realidade dos alunos nem buscar motivá-los.

Junior e Lopes (2017) realizaram um mapeamento de dissertações e teses brasileiras sobre o uso de Tecnologias Digitais no ensino da Geometria Analítica. Eles constataram que as principais adversidades relatadas eram a dificuldade de visualização das construções geométricas, a manipulação algébrica de equações e a falta de motivação para o estudo.

Em suma, os estudos revisados destacam seis adversidades que foram tratadas no desenvolvimento da prática didática, são elas: Falta de motivação; Metodologias tradicionais que usam apenas a lousa como recurso visual; Ausência de habilidades matemática oriundas do ensino básico; Problemas com a visualização geométrica; Problemas com a manipulação algébrica de equações; Problemas para relacionar representações algébricas e geométricas.

Para abordar tais dificuldades propomos a integração de recursos computacionais no ensino de matemática, visando aprimorar a aprendizagem por meio de conexões entre a realidade do aluno e os conteúdos escolares. Ao utilizar tecnologias digitais, como mencionado por Bellini (2006), busca-se promover uma aprendizagem significativa e o desenvolvimento das competências necessárias para a formação dos estudantes, estabelecendo objetivos pedagógicos claros e criando um ambiente de aprendizagem significativo, capaz de despertar o interesse dos alunos e facilitar a construção de conhecimento em seu contexto.

Valente, Almeida e Geraldini (2017) observam que o uso de recursos tecnológicos no ensino de matemática requer uma abordagem contextualizada e articulada com os objetivos pedagógicos, destacando o papel fundamental do professor na criação de um ambiente que propicie uma aprendizagem significativa. Dessa forma, o uso das tecnologias digitais pode modernizar as práticas educativas, preparando os alunos para o mundo digital

e proporcionando uma aprendizagem de qualidade, que promova uma educação inclusiva alinhada às demandas da sociedade contemporânea.

Em específico, observamos que a Geometria Computacional e a computação gráfica têm sido utilizadas no desenvolvimento de produções artísticas, econômicas e sociais, tornando-as relevantes como aplicações matemáticas (LISEIKIN, 2017). No ambiente escolar, essas tecnologias podem ser exploradas como recursos motivacionais e ferramentas pedagógicas inovadoras no ensino de geometria, despertando o interesse dos alunos em compreender como os conteúdos matemáticos são aplicados na prática (PEREIRA; FRANCO, 2018). Portanto, exploramos tais potencialidades em nossa sequência didática.

Nos últimos anos, o acesso a equipamentos com capacidade de processamento gráfico adequada facilitou a exploração da geometria computacional em ambientes educacionais, dessa forma, é possível desenvolver recursos que tornem o ensino mais significativo, facilitando o entendimento dos conteúdos (TOTI; MARTINS; SILVA, 2016). Além disso, o uso computação gráfica permite que os alunos visualizem conceitos abstratos e dinâmicos, reduzindo dificuldades de aprendizado e tornando o conteúdo mais compreensível.

Softwares educacionais que exploram visualizações gráficas têm sido cada vez mais utilizados como ferramentas pedagógicas para abordar dificuldades de abstração visual em relação a conceitos geométricos. A utilização de recursos computacionais com elementos visuais proporciona uma nova forma de refletir sobre conhecimentos geométricos, auxiliando na percepção da forma e do espaço, problematizando a geometria analítica.

Para fundamentar o desenvolvimento de uma nova sequência didática, tentando não repetir outros experimentos, realizamos uma síntese dos estudos sobre o uso do GeoGebra no ensino da Geometria Analítica. Essa revisão busca compreender as dificuldades de aprendizagem nessa disciplina e como o GeoGebra pode auxiliar na prática didática.

Souza (2016) realizou um estudo em que os estudantes relacionavam cálculos algébricos com a visualização dos objetos de estudo por meio do GeoGebra, observando melhorias no interesse e desempenho dos alunos. Souza, Fontes e Borba (2019) utilizaram o GeoGebra para a verificação de demonstrações e produção de vídeos, observando aumento na capacidade de comunicação dos alunos. Junior et al. (2013) também desenvolveram experiências de ensino com o GeoGebra, relatando resultados positivos no aprendizado da Geometria Analítica. Müller e Lieban (2012) construíram um site com objetos de aprendizagem e ofereceram um curso de extensão para estudantes e professores, visando incentivar o uso do GeoGebra no ensino de matemática.

Esses estudos evidenciam os benefícios do GeoGebra no ensino da Geometria Analítica, como o desenvolvimento de habilidades de raciocínio crítico, visualização geométrica e compreensão dos conceitos matemáticos. Assim, podemos considerar o software como uma ferramenta pedagógica que contribuir para melhoria da aprendizagem.

3 I METODOLOGIA DE PESQUISA

Realizamos uma revisão bibliográfica com intuito de identificar as principais dificuldades de aprendizagem dos estudantes na disciplina de Geometria Analítica, além de conhecer outros trabalhos que abordam o conteúdo por meio do GeoGebra. Com base nessa revisão, selecionamos os aspectos aprofundados nas atividades da sequência didática, visando esclarecer tais tópicos, bem como identificar elementos que já obtiveram sucesso no ensino da matéria, e aqueles que não tiveram êxito.

A revisão bibliográfica foi embasada nos pressupostos teóricos de Bogdan e Biklen (1994), utilizando critérios qualitativos para a seleção das referências. Para estruturar o instrumento de pesquisa, seguimos os procedimentos metodológicos propostos por Gil (2010), realizando uma análise crítica do tema e buscando atualizar e desenvolver conhecimentos relevantes. A investigação foi conduzida por meio de um estudo sistemático em materiais publicado em livros e acervos digitais composto por artigos científicos indexados nas bases de dados SciELO e Google Acadêmico.

A sequência didática proposta utiliza recursos de geometria computacional por meio do software GeoGebra. Realizamos atividades que envolviam a identificação de elementos gráficos e algébricos por meio da construção de modelos computacionais de sólidos de revolução. Aplicamos as atividades em uma turma de Licenciatura em Matemática de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia no Rio Grande do Sul. A turma era composta por 14 alunos no terceiro semestre, com idades entre 22 e 46 anos.

A sequência didática é composta por quatro aulas que abordam tópicos desde conceitos fundamentais da Geometria Analítica até a construção de modelos computacionais gráficos. O público-alvo são alunos de Ensino Superior que estão cursando disciplinas relacionadas à Geometria Analítica ou Cálculo Diferencial e Integral. As aulas abordam revisões de vetores, equações de retas e planos, intersecção entre retas e planos, construção de grade tridimensional e construção de modelos gráficos de sólidos de revolução.

A primeira aula é sobre vetores e o estudo da reta. Inicialmente foi feita uma revisão do conhecimento prévio dos alunos sobre vetores e dependência linear, em seguida, foi apresentada a motivação para o estudo das equações da reta e do plano, com exemplos de aplicação na construção de grades para mapeamento de pontos na geometria computacional. Depois, foram introduzidos os conceitos básicos sobre vetores, paralelismo e dependência linear. Utilizando o software GeoGebra, foram apresentadas as representações gráficas desses conceitos.

Em seguida, foi explicado o processo de construção da reta e suas equações vetorial e paramétrica, acompanhadas por construções no GeoGebra, e foi feita a aplicação do conteúdo em um problema de geometria computacional relacionado à construção de

modelos gráficos. A aula foi concluída com a realização de atividades práticas utilizando o GeoGebra e a resolução de uma lista de exercícios.

Na segunda aula foi apresentado o estudo das equações geral e paramétrica do plano. Utilizando o GeoGebra, demonstrou-se que com apenas dois pontos não é possível determinar um único plano, sendo necessários pelo menos três pontos não colineares, ou um ponto e dois vetores linearmente independentes. Também foi mostrado como determinar se um ponto pertence a um plano por meio dessas equações.

Um problema prático com o uso do GeoGebra foi proposto, no qual era necessário verificar se três pontos pertenciam aos respectivos planos dados, contextualizando o mapeamento realizado na geometria computacional. A aula concluiu com a recomendação de práticas adicionais utilizando o software para a fixação dos conceitos, e o fornecimento de exercícios objetivos e dissertativos para a verificação da aprendizagem.

A terceira aula é direcionada para a construção da grade tridimensional utilizada no mapeamento de pontos e para a compreensão das interações entre retas e planos nesse ambiente. Por meio de experimentações com o GeoGebra, foram estudadas as possíveis posições relativas e intersecções entre duas retas, dois planos, e um plano e uma reta, sendo esses conceitos fundamentais na geometria computacional.

Por fim, foi mostrada uma grade tridimensional que permite o mapeamento de pontos para a construção de um modelo gráfico de um objeto, exemplificando-se com uma garrafa marcada com pontos de interesse. A aula foi concluída com a solicitação para que os alunos reproduzam as construções vistas e realizem exercícios relacionados aos temas abordados.

Na última aula o foco foi o desenvolvimento de modelos computacionais gráficos de objetos físicos usando os conceitos trabalhados nas aulas anteriores. Primeiro, é revisado o processo de construção da grade tridimensional de planos paralelos e perpendiculares para o mapeamento de pontos de interesse. Utilizando o GeoGebra, é apresentado um método conveniente para realizar esse procedimento, tomando a origem como ponto de referência e vetores específicos como vetores diretores.

Outro método para construção de modelos computacionais gráficos consiste em marcar pontos diretamente na superfície do objeto a ser modelado e importar essas marcações para o GeoGebra, exemplificamos esse procedimento com a modelagem de uma garrafa. Os alunos são incentivados a construir seus próprios modelos para avaliação. A Figura 1 mostra duas das construções realizadas pelos discentes.
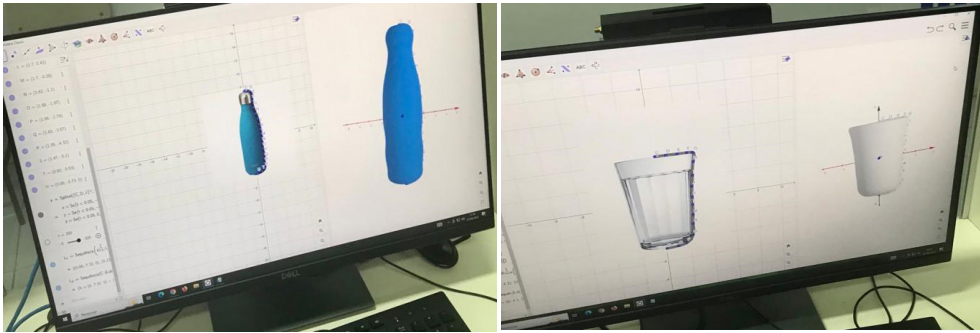
Figura 1: Modelos computacionais gráficos construídos em aula.

Fonte: Dos autores (2022).

A investigação foi dividida em dois momentos metodológicos distintos: coleta de dados e análise/interpretação dos dados. A coleta ocorreu por meio de folhas de atividades com questões objetivas e dissertativas, além dos arquivos dos alunos contendo suas construções de modelos computacionais.

Para a análise qualitativa, utilizamos as questões dissertativas e os arquivos de construções do GeoGebra. O estudo dos dados foi conduzido de maneira crítica e problematizada, visando interpretar e atribuir significado contextualizado as respostas obtidas para aprofundar o entendimento da realidade estudada e identificar as razões por trás dos resultados e dificuldades observados (MARCONI; LAKATOS, 2007).

A análise quantitativa considerou as respostas das questões objetivas articulada com a argumentação da estatística descritiva de Morettin e Bussab (2017). Dessa forma, a avaliação dos problemas propostos permitiu a construção de uma perspectiva sobre o aprendizado. Os resultados foram analisados em conjunto com dados qualitativos para uma interpretação abrangente do procedimento da prática didática

4 I DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

O conjunto de dados coletados é composto por construções elaboradas com o GeoGebra, experiências de sala de aula e resoluções de listas de exercícios realizadas pelos 14 discentes participantes. Dividimos o processo de análise com base na natureza quantitativa ou qualitativa das informações.

Os dados para o estudo quantitativo foram obtidos por meio de 10 exercícios objetivos distribuídos nas listas de exercícios das três primeiras aulas. Na Tabela 1 apresentamos o número de acertos dos alunos, que são identificados pelos números de 1 até 14.

Aluno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nota	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9

Tabela 1: Número de acertos de cada aluno.

Fonte: Dos Autores (2023).

A distribuição do número de acertos indica que a maioria teve um bom desempenho, dada a comparação com o número de erros. A análise estatística descritiva dos dados revela que a média de acertos da turma foi 6.57, a mediana foi 6.5 e a moda foi 6. Observa-se que os valores da mediana e da moda são inferiores ao da média, indicando que pelo menos metade dos alunos teve uma nota acima da média.

Destaca-se que a outra metade da turma teve desempenho inferior à média, sendo 6 a nota mais frequente e apenas três outras abaixo desta. No entanto, os valores de dispersão mostram que a maioria dos alunos teve um número de acertos próximo da média, mesmo aqueles que não atingiram a mesma, com um desvio médio de 1.14, desvio padrão de 1.39 e variância de 1.93. De fato, 9 estudantes acertaram entre 5 e 7 questões.

O estudo qualitativo envolveu a análise dos dados coletados a partir das respostas das questões dissertativas nas listas de exercícios, e das construções realizadas no GeoGebra. Para organizar a apresentação do estudo, dividimos o conteúdo em unidades temáticas específicas relacionadas aos problemas mais comuns encontrados nas resoluções, buscando identificar as possíveis causas para os erros percebidos. Neste trabalho, discutimos as adversidades observadas no mapeamento de pontos.

Os exercícios analisados questionam os procedimentos necessários para o mapeamento de pontos em grades planas e tridimensionais na construção de modelos computacionais gráficos. Os alunos enfrentam dificuldades em associar as grades construídas com o sistema de coordenadas cartesianas necessário para estabelecer as equações dos pontos, retas e planos. Suas respostas não mencionam a aplicação adequada da notação matemática para descrever os procedimentos de mapeamento de pontos.

> Para marcar os pontos podemos colocar o objeto em cima da grade e desenhar os pontos do objeto que tocam nas retas, depois ligamos todos os pontos para formar o contorno do objeto. Vamos ter um esboço da forma do objeto, para terminar temos que fazer o contorno (Resposta para grades planas).

> Para mapear o objeto podemos desenhar o contorno dele com diferentes tamanhos em vários planos. Em cada contorno marcamos os pontos de interesse, e em cada ponto construímos outros planos para construir a grade tridimensional. Juntando todos esses planos e contornos temos um esqueleto do desenho, ligando os pontos e contornos podemos construir o modelo (Resposta para grades tridimensionais).

Essas dificuldades são semelhantes às encontradas no estudo de Oliveira (2020), que investigou as dificuldades de representação analítica da circunferência. Os alunos têm dificuldade em associar o ponto fixo do centro da circunferência com suas coordenadas cartesianas, o que dificulta a determinação correta da equação.

> ... o aluno não escreveu de modo satisfatório a definição da circunferência, não escrevendo a equação reduzida correspondente. Porquanto ele não tenha escrito a definição da circunferência com êxito, ele também não denominou o ponto fixo do raio. Assim, o aluno nessa atividade não realizou uma conversão, quando se faz a mobilização do registro em linguagem natural para o registro algébrico. No caso em questão, podemos observar que o aluno não consolidou o seu aprendizado sobre a circunferência (OLIVEIRA, 2020, p. 24).

A Teoria de Registros de Representação Semiótica (DUVAL, 2003) propõe que a compreensão desses tópicos matemáticos depende da capacidade de converter e coordenar diferentes registros de representação semiótica. Segundo o autor (2003, p.16), "os tratamentos são transformações de representações dentro de um mesmo registro", enquanto que "as conversões são transformações de representação que consistem em mudanças de registro conservando os mesmos objetos denotados".

O entendimento da relação entre a representação visual do objeto e o mapeamento de seus pontos exige a coordenação dos referidos registros de representação semiótica, é necessário que ambos sejam mobilizados simultaneamente para que seja possível estabelecer conexões que permitam a resolução do problema e a aprendizagem do conteúdo.

> Do ponto de vista cognitivo, é a atividade de conversão que, ao contrário, aparece como atividade de transformação representacional fundamental, aquela que conduz aos mecanismos subjacentes à compreensão. (DUVAL, 2003, p.22)

Essa capacidade de conversão entre diferentes representações pode contribuir para a aprendizagem de diversos tópicos matemáticos. Portanto, é recomendado desenvolver práticas de ensino que estimulem essa capacidade.

5 | CONCLUSÕES

Ao longo da aplicação da sequência didática, a turma demonstrou motivação com as atividades diferenciadas realizadas no laboratório de informática, o que se refletiu no aumento do número de atividades entregues e na autonomia dos conhecimentos construídos, uma vez que os alunos fizeram os exercícios com suas próprias contribuições, evitando copiarem as ideias e procedimentos que estavam sendo realizados pelos outros colegas. O uso do computador, especialmente com o GeoGebra, despertou o interesse dos alunos, que se mostraram participativos e curiosos em relação às potencialidades dessa ferramenta.

Alguns alunos apresentaram resistência a proposta devido à falta de familiaridade com recursos digitais. Embora tenham surgido dificuldades na manipulação dos recursos e no entendimento dos procedimentos para construção dos modelos computacionais gráficos, a maioria dos alunos conseguiu concluir as atividades.

Apesar de alguns erros nas resoluções dos exercícios, o desempenho geral dos estudantes na compreensão dos conteúdos pareceu estar melhorando progredindo durante o transcorrer das aulas, evidenciando os benefícios da sequência didática adotada. Assim defendemos que essa experiência teve um impacto positivo na aprendizagem dos alunos, contribuindo para valorizar seu percurso acadêmico e promover a construção de conhecimentos além da sala de aula tradicional.

As observações realizadas nas aulas permitiram identificar quais atividades e procedimentos da sequência didática são benéficos para o tratamento de dificuldades de aprendizagem em Geometria Analítica, e quais não são tão efetivos. Como trabalho futuro, busca-se aperfeiçoar a proposta pedagógica com base nos resultados e análises realizadas.

REFERÊNCIAS

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto Editora, 1994.

DUVAL, R. **Registros de Representação Semiótica e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática**. In MACHADO, S. D. A (Org.). **Aprendizagem em Matemática: registros de representação semiótica**. Campinas: Papirus, 2003, p 11-33.

FAPESP. **Objetos de aprendizagem na sala de aula: recursos, metodologias e estratégias para melhoria da qualidade da aprendizagem**. **Biblioteca Virtual da FAPESP**, 2013.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2010.

JUNIOR, A. J. S.; LOPES, E. M. C. **Um Mapeamento de Pesquisas Brasileiras sobre o Trabalho Educativo com as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no Processo de Ensinar e Aprender Geometria Analítica**. **Revista Eletrônica VIDYA**, v. 37, n. 2, p. 479-497, 2017.

JUNIOR, E. M. M.; SANTOS, H. S.; FERREIRA, M. P. S.; FREITAS, R. F. B.; CARVALHO, T. M. M. **O GeoGebra como ferramenta para o estudo das cônicas**. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2015. **Anais [...].** SBEM, 2015.

LISEIKIN, V. D. **Grid Generation Methods**. New York: Springer, 2017.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística básica**. São Paulo: Saraiva Educação, 2017.

MÜLLER, T. J.; LIEBAN, D. E. **Construção de utilitários com o software GeoGebra: uma proposta de divulgação da geometria dinâmica entre professores e alunos**. **Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo**, v. 1, n. 1, p. 37-50, 2012.

NOGUEIRA, F. **Saeb: diferença entre estados chega a 50 pontos em Matemática**. **Nova Escola**, São Paulo, 2018.

OLIVEIRA, O. **Dificuldades de Representação Analítica da Circunferência no 3º Ano do Ensino Médio**. 2020. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Matemática Licenciatura, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

PEREIRA, A. C.; FRANCO, M. E. **Desenvolvendo o pensamento computacional no ensino fundamental com Arduino e Scratch**. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE COMPUTAÇÃO DOS INSTITUTOS FEDERAIS, 5., 2018. **Anais [...]** Porto Alegre SBC, p. 1 - 4, 2018.

PIRES, E. C. P. S. **O ensino da Geometria Analítica: opiniões de docentes e discentes paraenses**. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12., 2016. **Anais [...]**. São Paulo: PUC, p. 1-12, 2016.

ROSA, C. M.; SANTOS, F. F. T.; MENDES, H. C. **Desempenho acadêmico no primeiro ano da graduação: o caso do curso de Estatística da Universidade Federal de Goiás**. **Revista de Educação PUC-Campinas**, v. 24, n. 3, p. 411-424, 2019.

SOUZA, M. B. **Ensino de Geometria Analítica auxiliado por software**. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12., 2016. **Anais [...]**. São Paulo: PUC, 2016.

SOUZA, M. B.; FONTES, B. C.; BORBA, M. C. **A Coparticipação da Tecnologia Digital na Produção de Conhecimento Matemático**. **Sisyphus - Journal of Education**, Lisboa, v. 7, n. 1, p. 62-82, 2019.

TOTI, F. A.; MARTINS, I. L.; SILVA, A. D. **A Integração da Computação Gráfica no Ensino-Aprendizagem do Desenho Técnico**. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 44., 2016. **Anais [...]**. Natal: UFRN, 2016.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B.; GERALDINI, A. F. S. **Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 17, n. 52, p. 455-478. 2017.

WAISELFISZ, J. J. **O ensino das ciências no Brasil e o PISA**. 1. ed. São Paulo: Sangari, 2009.

RELATO DAS EXPERIÊNCIAS VIVENCIADAS POR OCASIÃO DO DIA DA FÍSICA NA ESCOLA ESTADUAL DJALMA MARINHO NOVA CRUZ – RN

Data de aceite: 01/08/2023

Elias José de Oliveira
Licenciatura em Física. PIBID-UFRN

Flávia Fernanda da Silva Lima
Licenciatura em Física. PIBID-UFRN

José Ailton Ferreira Fidelis
Licenciatura em Física. PIBID-UFRN

Brawowisky Bezerra da Silva
Supervisor PIBID-FISICA-UFRN. E.E. Djalma Marinho

Ciclamio Leite Barreto
Núcleo de Iniciação à Docência 'Paulo Freire' (PIBID-FÍSICA-UFRN). Depto de física - CCET - UFRN
Coordenador do Núcleo

RESUMO: O presente relato de experiências do PIBID-FÍSICA-UFRN na Escola Estadual Djalma Marinho - Nova Cruz, RN - é um recorte da vivência de três bolsistas e um supervisor que, juntos, participamos dos desafios e tiveram êxito em suas práticas docentes sob a supervisão de dois coordenadores, docentes do Departamento de Física da UFRN. Em um contexto pandêmico, o ensino remoto tornou-se o meio viável para contornar o impedimento ao presencial sendo uma ação desafiadora. Este breve relato tem por objetivo mostrar as ações empreendidas na escola pelos Licenciandos bolsistas supervisionados, por ocasião do Dia da Física, envolvendo os segmentos da comunidade escolar, em especial os alunos dos três turnos (matutino, vespertino e noturno). O planejamento e a execução das aulas são partes da metodologia aplicada, além de diversas reuniões e apresentações de seminários. Os resultados foram positivos, pois tivemos a oportunidade demonstrar não apenas a aplicabilidade da Física em nosso cotidiano, mas também sua característica fundamental de explicar o mundo ao nosso redor, com importante resultado na satisfação dos que assistiram o evento, assim também contribuindo para nossa formação.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física. Formação Inicial de Professores. PIBID. Dia da Física.

ABSTRACT: The present report of experiences of PIBID-PHYSICS-UFRN at the State School Djalma Marinho - Nova Cruz, RN - is a cutout of the experience of three scholarship holders and a supervisor

who, together, participated in the challenges and were successful in their teaching practices under the supervision of two coordinators, teachers from the Department of Physics at UFRN. In a pandemic context, remote teaching became the viable means to circumvent the impediment to face-to-face teaching, being a challenging action. This brief report aims to show the actions undertaken at the school by the supervised scholarship holders, on the occasion of Physics Day, involving the segments of the school community, especially the students from the three shifts (morning, afternoon and evening). The planning and execution of classes are part of the applied methodology, in addition to several meetings and presentations of seminars. The results were positive as we had the opportunity to demonstrate not only the applicability of Physics in our daily lives, but also its fundamental characteristic of explaining the world around us, with an important result in the satisfaction of those who watched the event, as well as contributing to our formation.
KEYWORDS: Physics Teaching. Initial Teacher Training. PIBID. Physics Day.

APRESENTAÇÃO

O Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) objetiva promover a interação entre o ensino superior e a educação básica, oferecendo oportunidades aos alunos das Licenciaturas, experimentarem a sala de aula e outras atividades pedagógicas correspondentes, conduzindo para sua qualificação e formação inicial como futuro professor na disciplina de Física pela UFRN. Diante disso, a Escola Estadual Djalma Marinho (EEDM), em Nova Cruz, RN, pertencente à 3ª Direc, tornou-se parceira por meio de um processo seletivo, cujo supervisor de área selecionado foi o professor Brawowisky Bezerra, acolhendo inicialmente, oito dos 24 Licenciandos da UFRN que ingressaram no PIBID, sob a coordenação de área dos professores Ciclamio Leite Barreto (até julho/2021) e Flávia Polati Ferreira (a partir de agosto/2021).

O PIBID teve início em suas ações na EEDM no mês de outubro de 2020 em meio às incertezas, tensões e adversidades provenientes da pandemia. Entretanto, deve-se ressaltar as experiências, dificuldades e superações vivenciadas no cotidiano em sala de aula, de forma remota, semipresencial ou híbrida. Sendo desenvolvido conforme as necessidades de adequações nas atuações para cada momento específico, de acordo com as determinações estabelecidas nos decretos do governo do Estado.

Nós começamos a acompanhar às aulas ministradas pelo supervisor de área nos turnos matutino e vespertino, no ensino fundamental e médio, e noturno, somente Ensino de Jovens e Adultos (EJA) do ensino médio, que devido à pandemia, foram ministradas remotamente.

Mesmo em meio às dificuldades, os trabalhos foram desenvolvidos, aulas e webinars ministrados com excelência, e a entrada de novos pibidianos (voluntários e bolsistas substitutos) veio para somar à equipe que os recebeu com grande satisfação. Este relato é um delineamento da atuação de três bolsistas e um supervisor de área que

juntos superaram obstáculos e lograram êxito em suas ações aplicadas no âmbito do PIBID, nas aulas de Física, assim como nas apresentações de atividades nas reuniões, sob as orientações dos coordenadores de área.

Desde o início do programa as atividades foram realizadas com estudos no ensino de Física e das Ciências em geral. As reuniões gerais são conduzidas pelos coordenadores e contam com a presença de supervisores, pibidianos e convidados. A cada reunião geral e por escola, a equipe de alunos e supervisores envolvidos no projeto tive a oportunidade de discutir o que foi proposto pelos coordenadores ou supervisores.

As atividades realizadas com os alunos, foram discutidas quinzenalmente nas reuniões por escola, onde compartilhamos cronogramas de eventos, planejamento de aulas, nossos desafios e conquistas.

A nossa equipe foi distribuída para compor as turmas da 1ª a 3ª Séries do ensino médio e EJA - ensino médio, nos três turnos, sob a supervisão do Prof. Brawowisky.

Experimentamos o papel de ser educador na prática, buscando qualidade na formação inicial como professor. Além de termos produzido planos de aulas, vídeos, resumos, diários de bordo (relatórios mensais), resenhas críticas, portfólios, apresentação de seminários, assistimos palestras, fizemos observação e ministração de aulas de Física, assim como conseguimos juntos com o supervisor, reunir todos os segmentos da comunidade escolar para prestigiar o **“Dia da Física”**, comemorado de forma remota nesta EEDM na data prevista, 19 de maio.

Este relato tem por objetivo mostrar as atividades desenvolvidas em Nova Cruz, pelo Núcleo de Iniciação à Docência - ‘Paulo Freire (PIBID-FÍSICA-UFRN) com seus erros e acertos, mas, sobretudo, com trabalho em equipe com compromisso. Apesar da diversidade na faixa etária e as diferenças de experiências em sala de aula, nossa equipe se tornou única e muito bem entrosada.

DISCUSSÃO

Em nossas observações e atuação na sala virtual encontramos dificuldades quanto a participação dos alunos, porém não deixamos de fazer o que era nosso compromisso. Com a supervisão do professor de física da escola e orientados pela coordenação de área, produzimos planos de aulas, slides, e dentre tantas atividades que participamos o que nos chamou atenção foi a realização do evento em celebração ao “**Dia da Física**”, comemorado em 19 de maio de 2021, junto com a comunidade escolar, que prestigiou este evento nos seus três turnos: manhã, tarde e noite. Esta ação foi memorável pois tivemos um dia inteiro de atividades reconhecendo e valorizando essa ciência, que merece mais destaque.

A apresentação do “**Dia da Física**”, começa com um breve histórico sobre o físico Albert Einstein pelo professor supervisor, organizador deste evento, com a finalidade de explicar o porquê dessa data. Ele ressaltou os cinco importantes artigos publicados em

1905, por Einstein, que revolucionaram a Ciência. Assim, a partir de 19 de maio de 2005, em comemoração ao centenário da publicação destes artigos, ficou estabelecido o "**Dia da Física**", fazendo alusão a tudo isso mencionado.

Nós continuamos o evento mostrando a biografia dos principais cientistas brasileiros, tais como a pesquisadora na área de física de astropartículas, Angela Villela Olinto (nascida em 1961), que recebe o mesmo reconhecimento que Einstein); o físico brasileiro e astrônomo, Marcelo Gleiser (nascido em 1959), que recebe prêmio Templeton, em Nova York, e o prêmio Jabuti em 1988, pelo livro "A Dança do Universo"', e também em 2002 pelo livro "O Fim da Terra e do Céu"; José Leite Lopes, que foi responsável pela primeira predição do bóson Z, com a unificação eletrofraca; Cesare Mansueto Giulio Lattes, mais conhecido como César Lattes, co-descobridor do méson-π ou pion, prêmio Nobel de Física em 1950 ao físico Cecil Frank Powell, líder da pesquisa, dentre outros; na sequência fizemos uma relação entre a Física e o Teatro, onde ocorreu uma transdisciplinaridade, mostrando a importância da física ser compreendida por meio de temas transversais; encorajamos os alunos da EEDM a participarem das Olimpíadas de Ciências a partir de relatos de medalhistas do ensino médio Giullemberg (2ª Série), Samara Macêdo (3ª Série), e Mayara Melo (3ª Série), alunos orientados pelo nosso colega pibidiano, José Ailton, que já atua como professor na Escola CIT Dom Marcelo Pinto Carvalheiro, em Guarabira, PB; e fizemos um experimento de indução eletrostática, utilizando um filete de água da torneira, interagindo com um canudo de plástico eletrizado em um pedaço de tecido, para assim demonstrar a aplicabilidade da Física em nosso cotidiano.

Além disso, elaboramos avaliações diagnósticas que foram aplicadas aos alunos da escola e, com isso, tivemos a grande satisfação e principalmente a responsabilidade de colocar em prática todo o aprendizado adquirido no PIBID. Por mais que tenha sido desafiador, também foi gratificante e muito importante para a nossa formação profissional e pessoal. Vale salientar que todas essas atividades foram realizadas de forma remota, mas não deixaram de ter a qualidade desejada na sua execução.

Por fim, o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID-FÍSICA-UFRN, por meio do Núcleo de Iniciação à Docência 'Paulo Freire', sob a coordenação dos professores Ciclamio Leite Barreto e Flávia Polati Ferreira, bem como a supervisão do professor Brawowisky Bezerra, têm proporcionado a nós bolsistas e voluntários, múltiplas oportunidades na realização de importantes feitos. Sobretudo, aprendemos a inovar na adversidade, enfrentando as dificuldades que foram surgindo no decorrer do período do programa, que vivenciamos em sala de aula virtual, utilizando materiais e recursos diversos, possibilitando fazer a diferença na vida de jovens e adultos, contribuindo na construção do conhecimento.

REFERÊNCIAS

GLEISER, Marcelo. Disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/Marcelo_Gleiser#:~:text=Desde%20 1991%2C%20%C3%A9%20professor%20de,Science%20Foundation%20e%20da%20OTAN. Acesso em: 15 mai. 2021

José Leite Lopes. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9_Leite_Lopes. Acesso em: 16 mai. 2021

LATTES, César. Disponível em : https://www.ebiografia.com/cesar_lattes/. Acesso em: 15 mai. 2021

OLINTO, Angela. Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/Angela_Olinto. Acesso em: 13 mai. 2021.

PIBID-FÍSICA-UFRN. Disponível em: https://www.instagram.com/pibid.fisica.ufrn/. Acesso em 28 out. 2021.

SBFÍSICA. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/teatro.pdf. Acesso em: 18 mai. 2021.

FABRÍCIO MORAES DE ALMEIDA - Possui graduação em Matemática pela UFMT (2000), Físico - Lei n. 13.691, de 10 de julho de 2018, Especialização em Física Básica - UFMT (2001), Esp. em Redes de Computadores - UNIRONDON (2009) , mestrado em Física pela Universidade Federal do Ceará (2002) e Doutorado em Física pela UFC (2005), Pós-doutorado - UFMT/CNPq (2009). E também com formação em Engenharia de Computação/Produção. Têm várias pesquisas cientificas com temas de Engenharia Elétrica, Computação/Produção; Inovação, Modelagem, Gestão e Desenvolvimento Regional; Modelagem Matemática e pesquisas interdisciplinares. É líder do grupo de pesquisa GEITEC/UFRO. Já orientou dezenas de teses e dissertações. Ademais, centenas de publicações cientificas em diversas revistas internacionais e nacionais. Ademais, têm especializações pela FUNIP, em: Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Engenharia de Controle e Automação Industrial; Engenharia de Software e Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Tem experiência com: consultoria de pesquisa, tecnologia, engenharia, inovação e negócios; mais de 20 anos de experiência com administração e gerência de empresas públicas e privadas, com vasto conhecimento em gestão de projetos e possuí mais de 22 anos de estudos e pesquisas com computação e análise de dados. Atualmente, é professor associado 3 da Universidade Federal de Rondônia e docente do Programa de Pós-graduação: Doutorado/Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da Fundação Universidade Federal de Rondônia (para saber mais, acesse: http://lattes.cnpq.br/5959143194142131).

B

C

D

E

F

G

I

M

ÍNDICE REMISSIVO

Investigação científica nas ciências exatas e da terra

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2023

Investigação científica nas ciências exatas e da terra

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Ano 2023